

Driemaandelijks Bericht
nummer 87, februari 1979

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadeaan 400
's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr. Plantijnstraat 1
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 22,— per jaar
of f 5,75 per nummer

Inhoud

De probabilistische benadering van het ontwerp
van de stormvloedkering IV; constructieve
aspecten 331

Het project stormvloedkering Oosterschelde; or-
ganisatie en werkwijze 335

Stand van zaken met betrekking tot het ontwerp
van de stormvloedkering 341

Interactie van de pijlers van de stormvloedke-
ring met de drempel en de ondergrond 345

Geoponton en duikerklok 348

De verankering van werkschepen in de Ooster-
scheldemonnd 352

Waterhuishoudkundige relaties in het Deltage-
bied 357

Het waterpeil op het Zoommeer 376

Samenvattingen/Summaries 380

Vorderingen 383



De probabilistische benadering van het ontwerp van de stormvloedkering IV

Constructieve aspecten

Velen van ons bezitten een kleurentelevisie van hetzelfde merk, type en bouwjaar. Zelfs als al deze toestellen precies evenveel gebruikt worden, dan nog is het ene toestel eerder kapot dan het andere. Ook zijn niet alle mankementen veroorzaakt door het kapot gaan van hetzelfde onderdeel.

Blijkbaar is ieder toestel anders, hoewel de ontwerpers er maar één op papier gezet hebben.

We moeten concluderen dat ieder t.v.-toestel zich in principe onvoorspelbaar anders dan andere toestellen gedraagt indien het belast wordt, dat wil zeggen als het elektrische stroom verbruikt.

Intrigeert dit verschijnsel ons zo dat we er systematisch onderzoek naar gaan doen, dan blijken we door statistisch onderzoek inderdaad de kans te kunnen schatten dat een door ons gekocht toestel in het eerste jaar kapot gaat. Gaan we nog wat dieper graven, dan kunnen we ook nog de kans schatten dat het ons in de steek laat door het springen van de beeldbuis of het doorbranden van de hoogspanningstransformator. Op deze wijze te werk gaand, kunnen we een hele statistiek opbouwen omtrent de betrouwbaarheid van het toestel als geheel en ook van de onderdelen. Op grond van deze gegevens zouden we bijvoorbeeld kunnen uitrekenen hoeveel premie er zou moeten worden betaald voor een verzekering tegen de reparatiekosten. Dit onderzoek kost overigens wel veel televisietoestellen, die we allemaal op dezelfde manier behandelen. Zouden we ook nog allerlei verschillende belastingsgevallen bij het onderzoek betrekken – veel aan- en uitschakelen, opstelling wel of niet vlak naast de kachel, fluctuerende netspanning – dan wordt het onderzoek steeds omvangrijker; maar het blijft uitvoerbaar.

Wat heeft dit nu met de stormvloedkering te maken? Wel, als ontwerpers van dit bouwwerk weten we eigenlijk niet precies hoe betrouwbaar hij is. We maken hem zodanig dat we *verwachten* dat hij bepaalde krachten kan weerstaan, maar het is best mogelijk dat dat tegenvalt.

Aan de andere kant is het ook heel goed mogelijk dat hij sterker is dan we dachten en dat hij tientallen jaren langer meegaat dan waarop hij is berekend. Alleen, hoe komen we daar achter? In het geval van de t.v.-toestellen ontwierpen we er één en produceerden er duizenden, waarvan we er tientallen kapot lieten gaan om de betrouwbaarheid te testen. We kunnen moeilijk een aantal stormvloedkeringen bouwen en uit experimenteerzucht vernietigen; zo iets is zelfs onmogelijk, omdat er maar één op dezelfde plaats gebouwd kan worden.

Blijkbaar moeten we een andere weg bewandelen, als we meer inzicht willen hebben in de betrouwbaarheid van onze constructie. We moeten het probleem van de andere kant benaderen, en uitgaan van de statistische verdeling van de sterkte-eigenschappen van de constructieonderdelen. Aan de hand van een eenvoudig rekenvoorbeeld kan dit misschien worden verduidelijkt. Laten we veronderstellen dat we een stukje grond gekocht hebben van 200 m². De lengte is 20 m en de breedte 10 m.

Bij het opmeten door de landmeter wordt echter nooit precies 20 m voor de lengte uitgezet, evenmin als 10 m voor de breedte. Het meetlint kan in een bocht liggen, een hulpje kan een fout maken, misschien staat er een boom in de weg. We veronderstellen nu dat we weten dat de lengte tussen 19 en 21 m kan liggen en de breedte tussen 9 en 11 m. Verder is bekend dat we 30% kans hebben dat de lengte tussen de 19

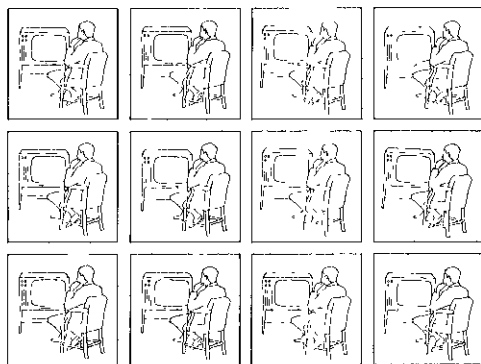
en 20 m ligt en 70% kans dat hij ligt tussen 20 en 21 m; evenzo is er 40% kans op een breedte tussen 9 en 10 m en 60% kans op een breedte tussen 10 en 11 m. Nemen we even gemakshalve aan dat de gemiddelde waarde van de twee grenswaarden gebruikt mag worden, dan krijgen we de volgende combinaties van mogelijkheden:

$$l_I = \frac{19 + 20}{2} = 19,5 \text{ m} \quad \text{kans: } 30\% = 0,3$$

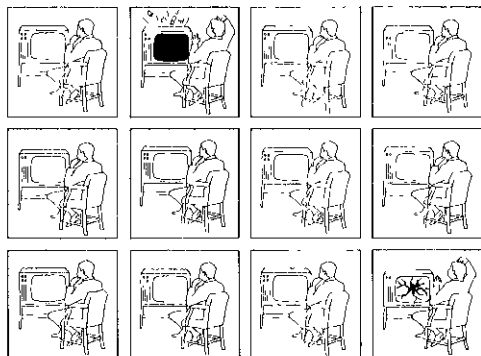
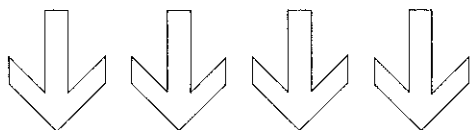
$$l_{II} = 20,5 \text{ m} \quad \text{kans: } 70\% = 0,7$$

$$b_I = 9,5 \text{ m} \quad \text{kans: } 40\% = 0,4$$

$$b_{II} = 10,5 \text{ m} \quad \text{kans: } 60\% = 0,6$$



NA ENIGE TIJD



Er zijn dan 4 mogelijke oppervlakten:

I	$19,5 \times 9,5 = 185 \text{ m}^2$	kans: $0,3 \times 0,4 = 0,12$
II	$19,5 \times 10,5 = 205 \text{ m}^2$	kans: $0,3 \times 0,6 = 0,18$
III	$20,5 \times 9,5 = 195 \text{ m}^2$	kans: $0,7 \times 0,4 = 0,28$
IV	$20,5 \times 10,5 = 215 \text{ m}^2$	kans: $0,7 \times 0,6 = 0,42$

Totaal 1,00

Op grond hiervan blijkt dat we 12% kans hebben op een tuin die kleiner is dan 185 m^2 , 40% kans op een tuin van minder dan 195 m^2 , 58% kans op minder grond dan 205 m^2 , tenslotte blijkt de kans op een tuin die kleiner is dan 215 m^2 100% te bedragen. Ook zien we dat we ongeveer 50% kans hebben op een tuin van ongeveer 200 m^2 . We constateren dus, dat we een grote kans hebben op een tuin van inderdaad vrijwel 200 m^2 , maar dat de kans op een ander oppervlak zeker niet te verwaarlozen is. Dit principe wordt nu ook toegepast in de sterkteberekeningen die aan een bouwkundig ontwerp ten grondslag liggen.

Een stalen balk met een doorsnede van $A \text{ cm}^2$, waaraan met een kracht van $F \text{ kgf}$ getrokken wordt, komt daardoor inwendig te staan onder een spanning $F/A \text{ kgf/cm}^2$. Als dit meer is dan de balk kan verdragen, bezwijkt hij. Theoretisch is deze uiterste spanning bekend. In de praktijk echter zijn er allerlei oorzaken – insluiting van stukjes vuil, reeds aanwezige spanningen door 't walsen, temperatuurspanningen – die ervoor zorgen dat de werkelijke uiterste toe te laten spanning afwijkt van de theoretische. Vanwege de onvoorspelbaarheid van die invloeden heeft deze uiterste spanning een kansverdeling, evenals de oppervlakte A . Dit betekent dat de maximale toe te laten kracht een kansverdeling heeft die bepaald wordt door de kansverdelingen van

Alle t.v.-toestellen uit een serie hebben een verschillende levensduur; ook de oorzaak van het bezwijken varieert

Het bezwijken van de bovenbalk van de stormvloedkering levert maar een geringe bijdrage tot de bezwijkkans van het geheel

de toelaatbare spanning en van de oppervlakte van de doorsnede. Op deze wijze krijgen we dus een kansverdeling van de sterkte of uiterste draagkracht van deze balk. Indien we nu ook nog de kansverdeling hebben van de uitwendige krachten die op de balk werken, dan kunnen we de kans berekenen dat deze uitwendige kracht groter is dan de sterkte, en daarmee de kans dat de balk kapot zal gaan. In het kort komt deze probabilistische benadering van de constructie er dus op neer dat in alle ontwerpberendingen in plaats van één bepaalde waarde voor een relevante grootheid een kansverdeling wordt ingevoerd. Vervolgens wordt de kansverdeling van de uitwendige krachten ingevoerd in de zogenaamde bezwijkfunctie:

Bezwijkfunctie = Sterkte - Belasting
en wordt de kans berekend, dat deze functie kleiner is dan nul, ofwel dat de sterkte kleiner is dan de belasting. Dit is dan de bezwijkkans van de constructie.

Er is nog een belangrijk verschil tussen de manier waarop de faal- of bezwijkkans van t.v.-toestellen wordt geschat en de manier waarop dat gaat bij bouwkundige constructies. De berekeningen die aan een ontwerp ten grondslag liggen zijn in feite benaderingen van het werkelijke gedrag: het zijn *rekenmodellen*. Omdat ook hier onnauwkeurigheden in schuilen, wordt het statistische karakter ervan – zowel mee- als tegenvallers kunnen voorkomen –, verwerkt via een zogenaamde modelfactor, die ook weer een kansverdeling heeft.

Zoals een t.v.-toestel bestaat uit een aantal onderdelen met ieder een eigen bezwijkkans, zo bestaat de stormvloedkering uit betonnen balken, schuiven, pijlers, drempels en een funderingsconstructie. Van ieder onderdeel kan in principe de bezwijkkans berekend worden. Al

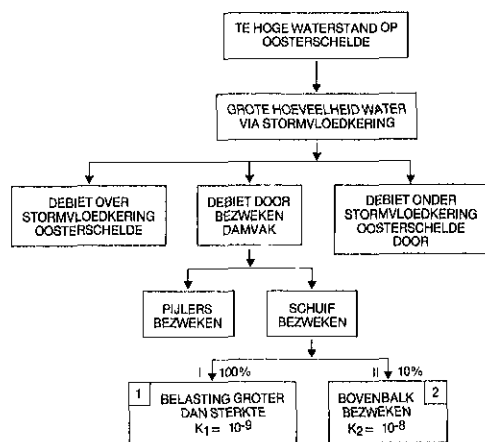
deze bezwijkkansen dragen bij tot de bezwijkkans van de gehele constructie.

Hier doen zich echter complicaties voor. Een kapotte beeldbuis betekent een kapotte t.v. Een bezwijken drempel daarentegen hoeft nog geen bezwijken stormvloedkering te betekenen. Ook één bezwijken schuif betekent nog geen ramp voor Zeeland. Blijkbaar moeten we gegevens hebben over de samenhang tussen het bezwijken van onderdelen en het bezwijken van de constructie, zodanig dat Zeeland gevaar loopt. Hulpmiddelen hierbij zijn de zogenaamde gebeurtenissenbomen en foutenbomen, die de relatie aangeven tussen een gebeurtenis en een ongewenst gevolg daarvan (zie over dit onderwerp verder Bericht 85, augustus 1978). Omdat in veel gevallen de ongewenste gevolgen niet met 100% zekerheid optreden, draagt elke gebeurtenis, zoals bijvoorbeeld het bezwijken van een schuif, slechts in beperkte mate bij tot de kans dat Zeeland onderloopt.

Hoe groot deze bijdragekansen zijn is niet altijd even goed bekend. In veel gevallen kan modelonderzoek hierop een antwoord geven, in andere gevallen zal een schatting gemaakt moeten worden, gebaseerd op het inzicht van de betrokken ontwerpers.

We zeiden al dat de kansverdelingen van alle grootheden die een rol spelen in sterkteberekeningen, bekend moeten zijn. In de praktijk is dat slechts in een aantal gevallen zo. In een groot aantal andere gevallen is sprake van onzekerheid of onbetrouwbaarheid. Toch kunnen ook aan de hand van globale indicaties relevante uitspraken worden gedaan. De probabilistische bezwijksom heeft immers zin bij het onderzoeken van de invloed die een bepaalde grootheid heeft op de bezwijkkans. Zo is onder meer duidelijk geworden dat het heel belangrijk is dat de ondergrond niet te veel variatie in eigenschappen vertoont. Bij de verdichting van het zand en het funderingsbed zal daar dan ook veel aandacht aan worden geschonken.

De met behulp van deze methodiek berekende bezwijkkansen moeten niet te absoluut worden beschouwd. Vooral de relatieve verschillen zijn belangrijk. Een verschil met een factor 10 à 100 kan verwaarloosd worden, wanneer het maar over zeer kleine kansen gaat. Dat het veelal om kleine kansen gaat, blijkt wel uit het volgende. De stalen schuif is ontworpen op basis van de in de bouwkundige wereld geldende voorschriften. Hierin wordt door het aannemen van een veiligheidscoëfficiënt rekening gehouden met de eerder genoemde kansverdelingen voor de diverse grootheden. Indien deze zelfde schuif probabilistisch wordt berekend, dan blijkt de bezwijkkans 10^{-9} per jaar te bedragen, één op de miljard! Deze kans is bijzonder klein, hij is van



dezelfde orde van grootte als de kans dat iemand door een meteoriet wordt getroffen. Omdat echter ook allerlei andere onderdelen een bijdrage leveren in de bezwijkkans van de stormvloedkering kunnen we minstens zeggen dat de bezwijkkans van elk onderdeel kleiner moet zijn dan de toelaatbare bezwijkkans van de stormvloedkering als geheel. Ook deze toelaatbare kans op een overstromingsramp moet worden gezien in zijn context. Het zal duidelijk geworden zijn, dat het fysisch onmogelijk is de kans op een overstromingsramp uit te sluiten. Hoe groot mag hij dan echter wel zijn? Dit is een uiterst complexe materie omdat niet alleen economische, maar ook emotionele overwegingen een rol spelen in de beoordeling van de ernst van de gevolgen. We staan in principe voor hetzelfde probleem als bij de beoordeling van het risico van kerncentrales en LNG-terminals. In het geval van de stormvloedkering ligt de zaak echter wat eenvoudiger, omdat er geen risico aan de samenleving wordt toegevoegd vanwege extra gevaarlijke activiteiten, maar een bestaand, relatief groot risico juist wordt vermindert. De enige redelijke richtlijn die je in deze materie kunt vinden, is aansluiting bij de orde van grootte van risico's die tot op zekere hoogte door de samenleving acceptabel geacht worden. Als maximum waarde voor de stormvloedkering wordt dan 10^{-7} per jaar aangehouden. Meteen valt op hoe groot de reserve-veiligheid is ten opzichte van de richtlijn van de Deltacommissie, dat bij een waterstandsoverschrijding met een kans van 10^{-4} per jaar nog 'volledige veiligheid' tegen doorbreken aanwezig moet zijn. Voor Zeeland geldt bovendien de zogenaamde 'economische reductie' tot $1/4000$ keer per jaar. Dat is nu zo vertaald, dat de bezwijk-

kans 1000-maal kleiner is dan het bereiken van de ontwerpnorm. In iets andere bewoordingen gezegd, betekent dit dat bij een uitwendige kracht ten gevolge van verval en golven die met een kans van 10^{-4} per jaar wordt overschreden, de constructieve sterkte de kans op volledig bezwijken van de stormvloedkering onder die omstandigheden beperkt tot slechts 10^{-7} . We zijn aan het einde van de serie. Uit het voorgaande zal duidelijk geworden zijn, dat de probabilistische benadering van het ontwerp van de stormvloedkering al vele vruchten heeft afgeworpen. Er is kwantitatief inzicht ontstaan in het bezwijkgedrag van de gehele constructie en in het bezwijkgedrag van de onderdelen, afhankelijk van de statistische eigenschappen van de relevante grootheden. Het bezwijkgedrag kan nu getoetst worden aan toelaatbare bezwijkansen. Dit vergroot de mogelijkheden om te komen tot een evenwichtig ontwerp, immers de onderdelen dienen onderling ongeveer dezelfde bezwijkansen te hebben, tenzij er dwingende andere redenen zijn. Vanuit de toelaatbare bezwijkansen kunnen eisen worden gesteld aan de materialen voor de bouw. Schade kan voortaan worden gekwantificeerd, afhankelijk van de kans op die schade en van de investeringen bedoeld om een zekere schade te verkleinen. Deze moderne ontwerpbenadering is, gezien de enorme hoeveelheid rekenwerk, zonder computer ondenkbaar. Daarom heeft ze pas de laatste jaren toepassing gevonden, vooral in de vliegtuigbouwkunde en de off-shore techniek. Toepassing in de waterbouwkundige praktijk opent goede toekomstmogelijkheden voor het vergroten van het inzicht in de werkelijke kwaliteit van de zo belangrijke Nederlandse zeekeringen, zowel op technisch als op economisch gebied.

Bij het ontwerp en de bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde zijn een aantal directies van de Rijkswaterstaat betrokken; verder de aannemerscombinatie Dosbouw en verschillende onderzoeksinstituten. In deze bijdrage wordt een beeld gegeven van de organisatievorm die is gekozen om tot een goede samenwerking te komen tussen al deze instanties, met name op het terrein van kostenbewaking en planning.

Het project stormvloedkering Oosterschelde organisatie en werkwijze

Nadat op 17 juni 1976 door de Regering een beslissing was genomen over de afsluitmethode van de Oosterschelde, is tevens bepaald dat deze werken in vergaande samenwerking tussen de Deltadienst, de Directie Sluizen en Stuwen en de Directie Bruggen van de Rijkswaterstaat zouden worden voorbereid en uitgevoerd. De verantwoordelijkheid voor het ontwerp als geheel, de organisatie, de coördinatie van de uitvoering, de planning en de bewaking van kosten en tijd zouden berusten bij de Deltadienst. Als samenwerkingsorgaan is een projectorganisatie opgezet waarin alle betrokken instanties deelnemen. Centraal in deze organisatie staat de Projectgroep Oosterschelde (PGO), die zorgt voor de dagelijkse coördinatie van de voorbereiding van de werken. De PGO bestaat uit vertegenwoordigers van de drie betrokken Rijkswaterstaats-directies onder voorzitterschap van het hoofd van de afdeling Waterbouwkundige Werken West van de Deltadienst.

In het organisatieschema zijn boven de PGO nog twee groepen opgenomen: De Stuurgroep Oosterschelde (SGO) en de Begeleidingsgroep Oosterschelde (BGO). Deze groepen bestaan uit respectievelijk hoofdafdelingshoofden en hoofdingenieurs-directeuren van de drie betrokken Rijkswaterstaatsdirecties; ze staan onder voorzitterschap van de vertegenwoordigers van de Deltadienst die erin zitting hebben. De BGO en de SGO bepalen, ieder op hun eigen verantwoordelijkheidsniveau, de doelstellingen, uitgangspunten en randvoorwaarden van het project en toetsen de plannen en voorstellen van de PGO daaraan.

Bij de verdere uitwerking van de projectorganisatie gold, gezien de grootte en de ingewikkeldheid van het project, als belangrijk uitgangspunt dat de managementtaak – het beheersen van de

techniek, de tijd en de kosten – in verregaande mate naar lagere niveaus gedelegeerd moest kunnen worden; toezicht en controle zouden op de hogere niveaus verricht moeten worden. Bovendien moest intensief multidisciplinair overleg worden gepleegd. Om dit te bevorderen werd gekozen voor een primaire verdeling van het project gericht op de doelstellingen; zo ontstonden er deelprojecten.

De PGO kan in deze structuur een deelproject, zoals bijvoorbeeld de drempel, of een sluizencomplex of een bedieningsgebouw, in zijn geheel naar een lager niveau delegeren. De controlefunctie van de PGO wordt daar sterk door vereenvoudigd; de coördinerende functie blijft beperkt tot de relaties en raakvlakken tussen de deelprojecten.

De primaire verdeling van het project levert een stuk of 35 deelprojecten op. Die deelprojecten zijn toegewezen aan projectbureaus, en wel zo dat elk projectbureau verantwoordelijk is voor een aantal deelprojecten.

Een projectbureau heeft behorende en coördinerende verantwoordelijkheid gedelegeerd gekregen door de PGO voor wat betreft de technische, financiële en tijdsaspecten van de aan het bureau toegewezen deelprojecten. Elk bureau zorgt zelf voor systematische voorbereiding van de activiteiten die de betrokken directies en instituten zullen gaan ontwikkelen. Er moet voor gezorgd worden dat de activiteiten beantwoorden aan de doelstelling, en dat de gestelde randvoorwaarden niet worden overschreden. De voorbereiding houdt ook een hoeveelheid coördinatie in tussen de betrokken instellingen. Dit proces mondt uit in een plan, dat aan de PGO wordt voorgelegd.

Is er goedkeuring op verkregen, dan zal het projectbureau de activiteiten moeten blijven volgen

en coördineren en er de voortgangsrapportage van moeten verzorgen tegenover de PGO. Zowel de stand van zaken als eventuele afwijkingen van het opgestelde plan, zullen daarin beschreven moeten worden.

Voor het uitvoeren van deze taken beschikt elk projectbureau over de assistentie van een planner en een kostprijsdeskundige, en soms ook over een onderzoekskoördinator. Onder de projectbureaus ressorteren verschillende werkgroepen, die zich bezighouden met bepaalde aspecten of deelprojecten.

Na deze summierende aanduiding van de activiteiten van de projectbureaus kunnen de taken van de Projectgroep Oosterschelde nader uitgewerkt worden.

De PGO stelt een totaalplan op voor de hele stormvloedkering, met randvoorwaarden en uitgangspunten, en past dit later zonedig aan; zij draagt zorg voor de totale voortgangsbewaking, op het gebied van financiën, techniek en planning. Verder stuurt en coördineert de PGO de activiteiten van de projectbureaus en van de stafgroepen, en voert periodiek overleg met de werkdirectie van de aannemerscombinatie DSB.

Van de vijf stafgroepen die de PGO assisteren, zullen we er hier twee meer in het bijzonder behandelen: de Stafgroepen Planning en Kostprijs.

Essentieel voor het functioneren van de projectorganisatie is een managementsysteem waarin, behalve de techniek, ook de tijds- en kostenaspecten worden beheerst. Deze drie aspecten zijn namelijk afhankelijk van elkaar; ze mogen, zeker wat betreft de besluitvorming, nimmer los van elkaar worden gezien. Uit praktische overwegingen zijn er echter aparte deelsystemen opgezet ter beheersing van de afzonderlijke aspecten. Voorwaarde bij deze stuksgewijze aanpak is, dat elk deelsysteem moet passen in de totale organisatie- en managementstructuur. De zorg hiervoor is, op het niveau van de projectgroep, onder meer opgedragen aan de stafgroepen Planning en Kostprijs.

Planning

Planning omvat twee soorten werkzaamheden: het opstellen van plannen en het bewaken van de voortgang.

Bij het opstellen van de plannen wordt elk deelproject opgesplitst in afzonderlijke activiteiten. Vervolgens wordt per activiteit bepaald hoe ze uitgevoerd moet worden, met welke middelen – mensen, materieel, materiaal –, hoeveel tijd dat in beslag zal nemen en welke relaties er zijn met andere activiteiten.

Tenslotte worden alle activiteiten van een deel-

project weer samengevoegd in een groot schema, waarna de tijdsduur van het gehele deelproject berekend kan worden. Hiervoor worden een aantal technieken gebruikt, waarvan de netwerkplanning de bekendste is. Bij dit planningsproces wordt onder meer steeds het kritieke pad over het deelproject bepaald. Een activiteit ligt op het kritieke pad, als vertraging van die activiteit tot gevolg heeft dat het gehele deelproject te laat gereed komt. Zulke kritieke activiteiten krijgen daarom de speciale aandacht van de projectleider.

De niet-kritieke activiteiten hebben een zekere speling; dat wil zeggen: er is meer tijd voor beschikbaar dan strikt nodig is. Daarvan wordt gebruik gemaakt door zo'n activiteit, binnen de totaal beschikbare tijd, op het meest geschikte tijdstip in te plannen. 'Geschikt' wil hier zeggen dat op dat moment voldoende mankracht, materieel en materiaal beschikbaar zijn voor het uitvoeren van die activiteit. Op deze manier kan een gelijkmatige inzet van de produktiemiddelen bereikt worden.

Voor de presentatie van de resultaten van de hier beschreven activiteiten-analyse wordt meestal gebruik gemaakt van balkenschema's (fig. 1).

Ook het bewaken van de voortgang van het gehele project behoort tot de taken van de stafgroep Planning van de PGO. Daartoe analyseert ze het gehele project in grote lijnen, en stelt aan de hand daarvan een projectplan op voor de stormvloedkering. Gedurende de gehele duur van het project maakt deze groep elke vier weken een overzicht van de werkelijke voortgang van de activiteiten en vergelijkt die met de voortgang die volgens de planning gerealiseerd had moeten zijn. Bij afwijkingen wordt bekeken of die soms de goede voortgang van het project in gevaar brengen; zonedig worden bijsturende maatregelen genomen. Die kunnen bijvoorbeeld bestaan uit de inzet van extra middelen; de balkenschema's worden dan aangepast. De structuur van de plannen en van de voortgangsbewerking is volledig aangepast aan de structuur van de projectorganisatie zelf (fig. 2). Hiermee wordt bereikt dat de plannen, onder andere wat betreft de mate van detaillering, zijn aangepast aan de groepen die ermee moeten werken. Elke werkgroep en elk projectbureau is verantwoordelijk voor het eigen plan en voor de voortgangsrapportage ervan. De PGO-stafgroepen hebben vooral een coördinerende functie ten aanzien van het totale onderzoek en van de uitvoering.

De activiteitenplannen vervullen, samen met hun beschrijvingen en motiveringen en de voortgangsrapportages, ook een belangrijke

functie in het informatie- en communicatiesysteem van de projectorganisatie.

Figuur 3 laat zien hoe in de informatieketen elk plan de basis vormt voor de communicatie tussen twee niveaus, met name waar het gaat om tijd en kosten. Verder wordt elk plan ter uitwerking voorgelegd aan de werkorganisatie op één niveau lager. In principe beschikt elke groep daardoor over de planning-informatie van drie niveaus.

De uiteindelijke coördinatie, evaluatie en integratie van de project-onderdelen is opgedragen aan weer een andere stafgroep, de Stafgroep Coördinatie Totaalontwerp en Onderzoek. Zowel onderzoeks- als ontwerpplannen en -resultaten worden hier beoordeeld, en tot één totaalbeeld geïntegreerd. Ook de kostenramingen worden hier getotaliseerd en met het beschikbare budget vergeleken. Zonodig kunnen bijsturende maatregelen door deze stafgroep aan de PGO worden voorgesteld.

Kostenbewaking

Tenslotte gaan we nader in op de taken van de *stafgroep Kostprijs*, die belast is met alle kostenaspecten die verband houden met het tot stand komen van de stormvloedkering. Deze groep controleert dus zowel de kosten van onderzoek als die van het ontwerp en de voorbereiding van de uitvoering. Voor elk ontwerpalternatief worden bijvoorbeeld in een zo vroeg mogelijk stadium *kostenramingen opgesteld*, zodat een keuze behalve op technische gronden ook op financiële overwegingen kan worden gemaakt. In beginsel worden deze ramingen opgesteld door de kostprijsdeskundige van het betreffende projectbureau; maar gaat het ontwerp meer dan één pro-

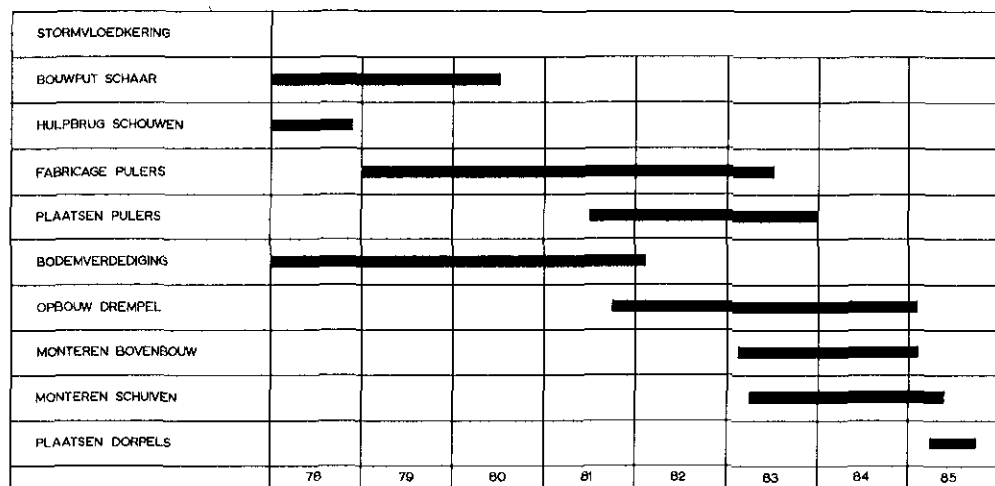
jectbureau aan, dan wordt de raming gemaakt door de Stafgroep Kostprijs.

Aan het totale budget voor de operatie zijn immers strenge grenzen gesteld.

Ten tijde van het besluit van de Regering om een doorlatende kering in de mond van de Oosterschelde te bouwen, is bepaald dat de kering eind 1985 bedrijfs gereed zou moeten zijn, en niet meer dan 2780 miljoen gulden zou mogen kosten, exclusief het oorspronkelijk voor de totale afsluiting geraamde bedrag voor onderzoek. Dit bedrag was gebaseerd op het prijspeil van eind 1975. Jaarlijks wordt dit bedrag, op basis van de indexeringscijfers die gelden voor de verschillende werkonderdelen, bijgesteld. Zo is het in oktober 1977 opgewaardeerd tot f 3254 miljoen.

Gezien de grootte en ingewikkeldheid van het project, en gezien bovengenoemde bepaling ten aanzien van de financiële ruimte, is het van het grootste belang dat een goed werkend kos-

Fig. 1. Balkenschema, met de planning van de werkzaamheden in de Oosterscheldemonnd tot 1985



tenbewakingssysteem functioneert, zodat budgetover- en -onderschrijdingen tijdig gesignaleerd worden. In dit kostenbewakingssysteem speelt de Stafgroep Kostprijs van de projectorganisatie een centrale rol.

Ze effectueert haar verantwoordelijkheid door een viertal activiteiten. Allereerst worden, zoals we zagen, in het ontwerpstadium van ieder onderdeel van de stormvloedkering kostenvergelijkingen gemaakt tussen alle ontwerp- en uitvoeringsalternatieven. Daarnaast wordt maandelijks een overzicht opgesteld van alle uitgaven en aangegane verplichtingen. Daarin komt tot uitdrukking welke bedragen voor welk onderdeel zijn uitgegeven, op basis van de geconstateerde voortgang der werkzaamheden, en voor welke bedragen verplichtingen zijn aangegaan in de vorm van contracten en overeenkomsten. Deze

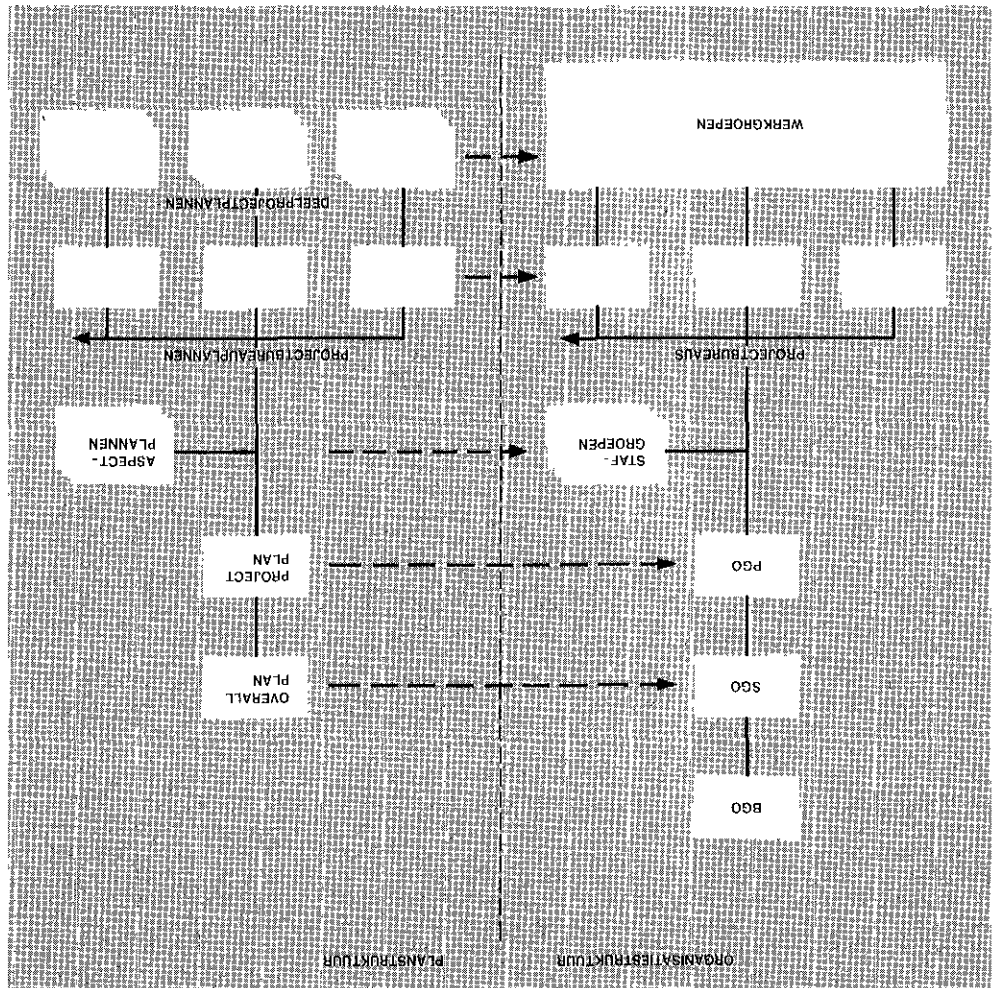


Fig. 2. De structuren van plan en organisatie sluiten op elkaar aan

Fig. 3. De projectorganisatie als informatiestructuur

Fig. 4. Kostenraming

feitelijke constatering worden gerelateerd aan de in een eerder stadium opgestelde prognoses; natuurlijk worden met name de afwijkingen gesignaleerd. Op basis van deze signalering worden de consequenties van de afwijkingen nagegaan en worden zonodig bijsturende maatregelen getroffen. Bovendien worden maandelijks de kostenprognoses van alle nog niet in uitvoering genomen werkonderdelen bijgesteld; en wel op basis van wijzigingen in het ontwerp. Naar aanleiding van de geconstateerde over-, onderschrijdingen worden, indien noodzakelijk, wijzigingen doorgevoerd.

Tenslotte maakt men ieder half jaar een complete en gedetailleerde raming van het totale ontwerp. Dat is een nogal grootscheepse operatie, maar ze is noodzakelijk, gezien de frequente en soms ingrijpende wijzigingen die het ontwerp van tijd tot tijd ondergaat. Naar aanleiding van geconstateerde afwijkingen ten opzichte van de vorige raming vinden zonodig aanpassingen van het ontwerp plaats, terwijl ook bij de onderdelen die geen afwijkingen in de raming te zien geven, nog eens wordt bezien of er geen goedkopere alternatieven zijn.

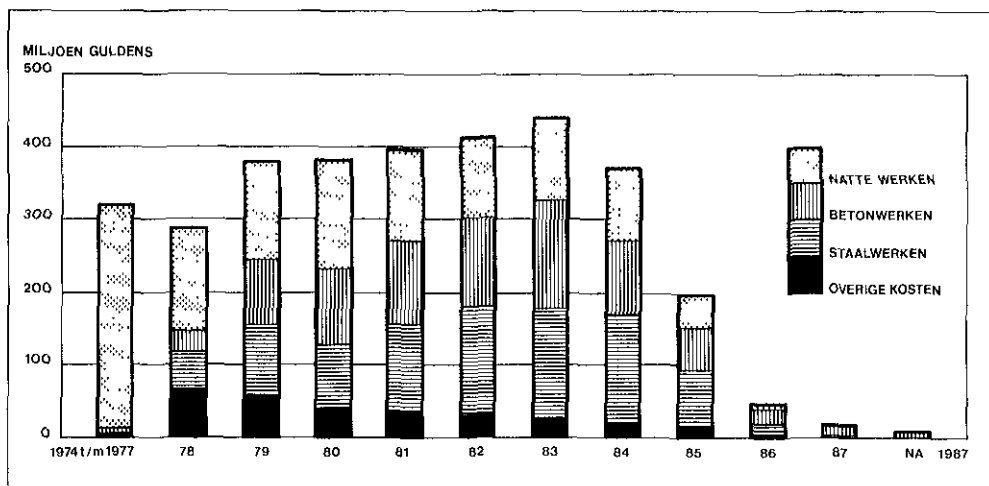
Bij de halfjaarlijkse berekening wordt per werkonderdeel uitgegaan van wat op dat moment bekend is aangaande de hoeveelheden, prestaties en prijzen van materieel, de rente- en afschrijvingspercentages, de onderhouds- en

reparatiekosten, de bureaunkosten, en zo meer. De kostenbewaking van het onderzoek voor de stormvloedkering wijkt enigszins af van het bovenschetste beeld. Voor de bewaking van de uitvoeringskosten beschikt de projectorganisatie over een groep kostprijsdeskundigen, die gespecialiseerd zijn in het ramen van de kosten van civieltechnische werken. Kostenramingen voor research kunnen echter alleen maar worden opgezet en bewaakt door de onderzoekers zelf. Dit is het gevolg van het geavanceerde en soms grensverleggende karakter van een deel van de onderzoeken. Daarom wordt de kostenbewaking van het onderzoek grotendeels uitgevoerd door de projectleiders van de onderzoekprojecten zelf.

Zij stellen vóór de start van een onderzoekproject een raming op, en passen die maandelijks aan de gewijzigde inzichten aan.

Het hiervoor beschrevene heeft alleen betrekking op de projectfasen: onderzoek, ontwerp en voorbereiding van uitvoering. Bij de laatste fase, de uitvoering, ligt de dagelijkse leiding en verantwoordelijkheid bij de desbetreffende directie zelf, zoals dat overigens bij de Rijkswaterstaat gebruikelijk is. Dat wil zeggen dat de uitvoering van de natte werken geschiedt onder leiding van de Deltadienst, die van de betonwerken onder leiding van de directie Sluizen en Stu-

Niveau groep	Informatie over . . .	Type plan	3
1 Begeleidingsgroep	grote lijnen	overall-plan	
2 Stuurgroep	relaties tussen bestekken	projectplan	
3 Projectgroep	bestekken	projectbureauplan	
4 Projectbureaus	besteksonderdelen	deelprojectplan	
5 Werkgroepen			



wen, en die van de staal- en bewegingswerken onder leiding van de directie Bruggen. Het nodige overleg vindt plaats in een apart 'Coördinatieteam Uitvoering', dat naast de hiervoor beschreven projectorganisatie staat.

Ten behoeve van de uitvoering van de werkzaamheden voor de stormvloedkering is in september 1977 een zogenaamde raamovereenkomst gesloten met de aannemerscombinatie 'Dosbouw v.o.f.'. Deze combinatie bestaat uit de volgende aannemers:

Ballast-Nedam Groep N.V.

Bos Kalis Westminster Group

Baggermaatschappij Breejenbout B.V.

Hollandsche Aanneming Maatschappij B.V.

Hollandsche Beton Maatschappij B.V.

Van Oord - Utrecht B.V.

Stevin Baggeren B.V.

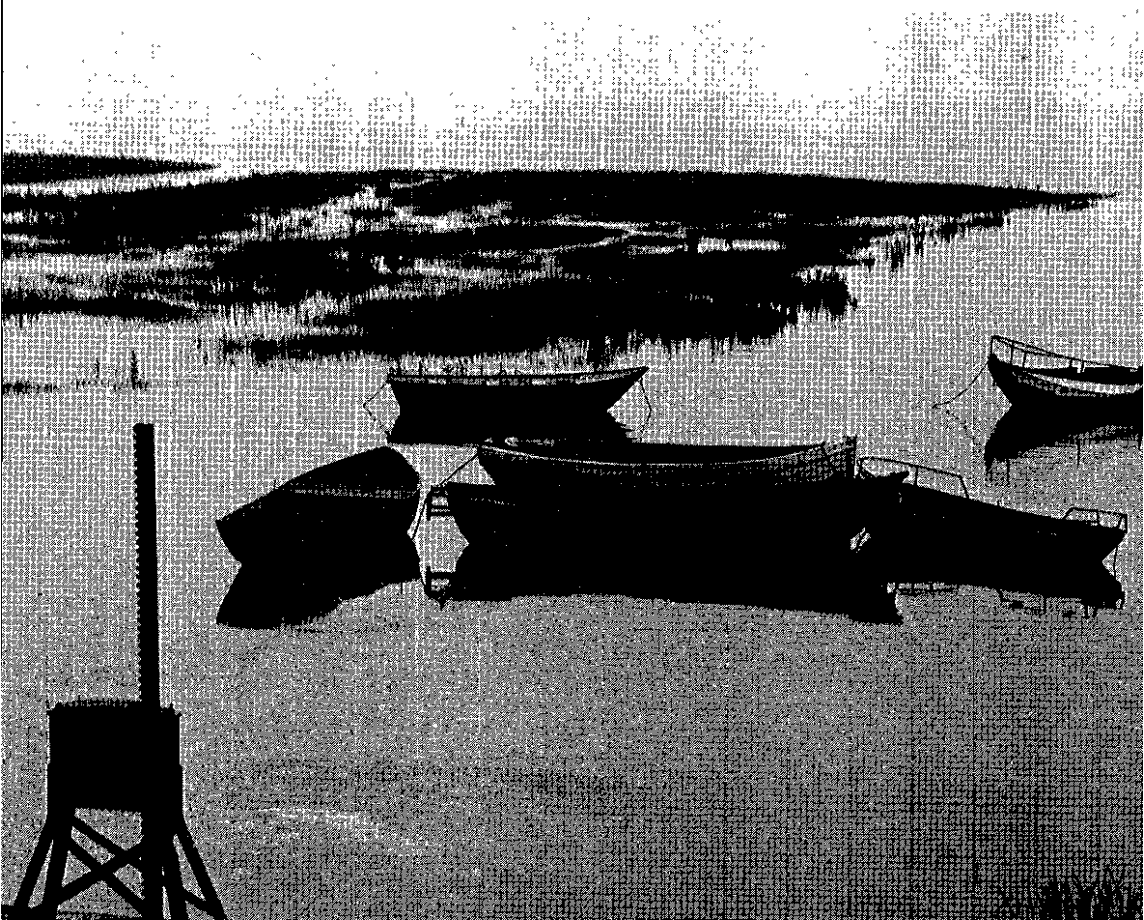
Stevin Beton en Waterbouw B.V.

Adriaan Volker Baggermaatschappij B.V.

Adriaan Volker Beton en Waterbouw B.V.

Aannemerscombinatie Zinkwerken B.V.

In de raamovereenkomst staat beschreven welke onderdelen van de stormvloedkering door Dosbouw uitgevoerd zullen worden, en onder welke voorwaarden, dat zal geschieden. Op basis van deze voorwaarden, een soort algemene spelregels, wordt per werkonderdeel een aparte deelovereenkomst gesloten.



In het afgelopen jaar is wederom een aantal vorderingen gemaakt in het ontwerp van de stormvloedkering; in de Berichten van 1978 werd daar al de nodige aandacht aan besteed. In dit artikel zullen we de stand van zaken van het ontwerp bezien zoals die begin november 1978 was.

Stand van zaken met betrekking tot het ontwerp van de stormvloedkering

Uit het onderzoek naar de belastingen loodrecht op de gesloten stormvloedkering is gebleken, dat met handhaving van de volledige beheersvrijheid en uitgaande van de Deltanorm een belastingreductie van 20% kan worden aangenomen in vergelijking tot de oorspronkelijke aangenomen belastingen. Dit is een gevolg van het toepassen van de probabilistische benadering, waarbij de frequentieverdeling van golven vervalbelastingen werden gecombineerd tot een frequentieverdeling van totaalbelastingen. Nader onderzoek van de golven in de mond van de Oosterschelde heeft tot een verdere reductie van de belastingen geleid.

Globaal gezegd wordt de stormvloedkering belast door een combinatie van twee soorten golven: lange, in de Noordzee opgewekte deiningsgolven, die via de buitendelta tot de kering doordringen, en korte, lokaal opgewekte windgolven. De uit deze twee bronnen afkomstige golfenergie, vermenigvuldigd met de overdrachtsfunctie, waarmee de golfenergie in golfbelasting wordt vertaald, levert de golfbelasting op de stormvloedkering. De grootte van de overdrachtsfunctie is afhankelijk van de golfperiode.

Tot eind 1977 werd aangenomen, dat de golfenergie tijdens een superstorm voornamelijk geconcentreerd was in golven met een periode van 10 à 12 seconden. Bij deze periode heeft de overdrachtsfunctie een hoge waarde. Nadere studies hebben echter aangetoond dat de golfenergie verdeeld is over twee gebieden met verschillende perioden, een lange en een korte. De hoeveelheid laagfrequente golfenergie, de energie van de lange golven, blijkt geringer dan voorheen werd aangenomen; de hoeveelheid hoogfrequente golfenergie is groter. Doordat de waarde van de overdrachtsfunctie bij hoge fre-

quenties aanzienlijk kleiner is dan bij lage frequenties, resulteert vermenigvuldiging van de overdrachtsfunctie met de golfenergiefunctie in lagere waarden van de golfbelastingen op de stormvloedkering. Dit betekent ten tweede male een belastingreductie, deze keer van ongeveer 15%. Het onderzoek naar de langsbelasting voor het ontwerp van de pijlers is hiermee afgerond.

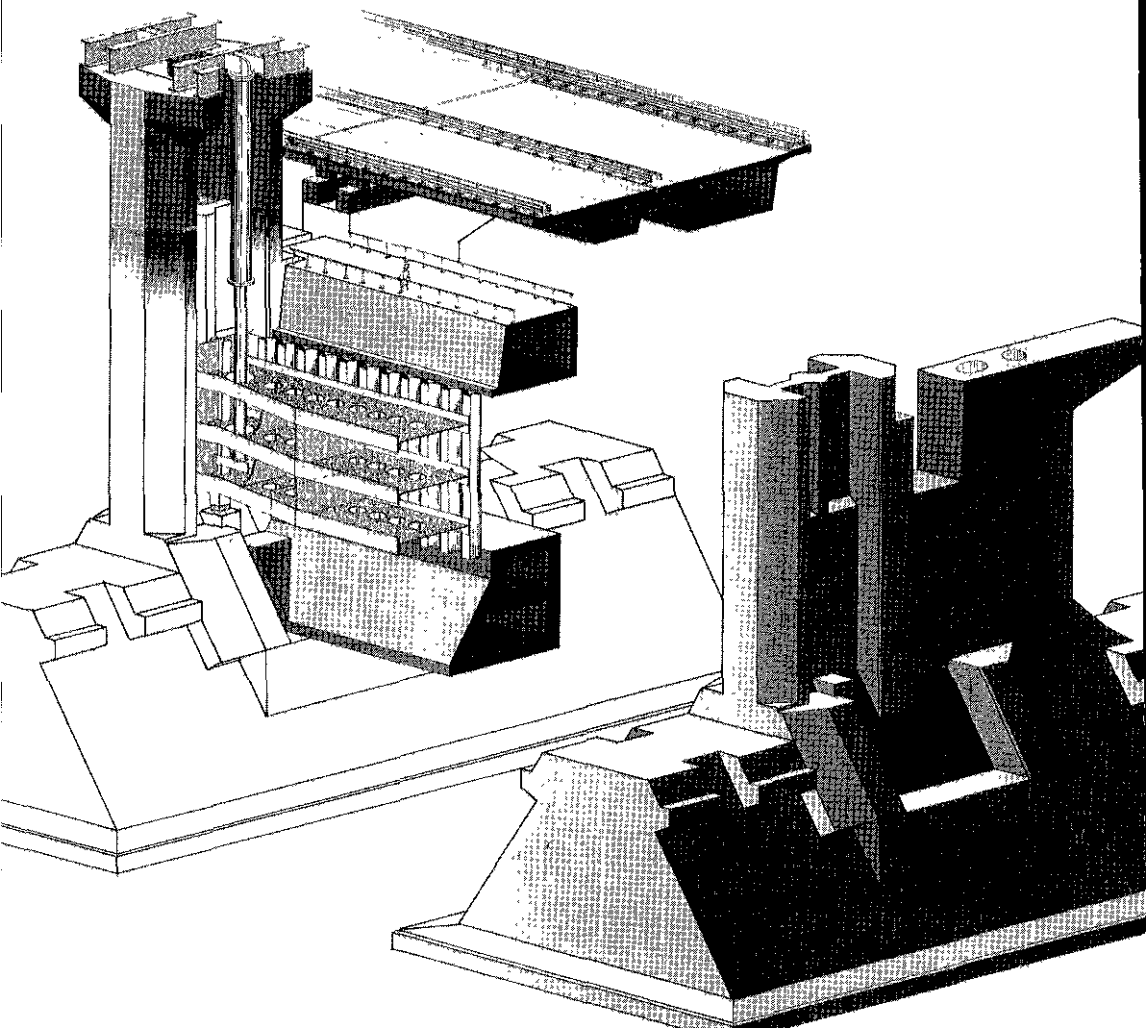
Het ontwerp van de pijlers is in het afgelopen jaar verder ontwikkeld. Het meest opvallende hierbij is wel dat de plaatsingswijze van de pijlers is veranderd. Tot voor kort wilde men de pijlers plaatsen vanaf een hefschip met poten. Dit hefschip kon, nadat het op de juiste plaats in het tracé was gemanoeuvreerd, zijn poten aan de grond zetten en de pijler laten zakken. Hoewel de pijlers met deze plaatsingswijze nauwkeurig konden worden gepositioneerd, bleken de excentrische krachten in de poten een moeilijk oplosbaar probleem. Bovendien moest het funderingsbed dikker gemaakt worden, om onder de in het funderingsbed gedrongen poten voldoende dikte te garanderen. Daarom heeft men onderzocht of het mogelijk was de pijlers te plaatsen met een hefschip zonder poten. Inderdaad is een nieuwe plaatsingswijze uitvoerbaar gebleken. Weliswaar stelt die hogere eisen aan de vlakheid van het funderingsbed, en dient een aantal constructieonderdelen een grotere maattolerantie te krijgen, – de schuifspanning bij voorbeeld, waardoor de dikte van de pijlerschacht toeneemt met 0,5 m – maar de nadelen van het hefschip met poten zijn ondervangen. Bovendien is de cyclustijd voor het plaatsen van een pijler met een hefschip zonder poten korter, hetgeen weer een verkleining inhoudt van het risico van het werken in het sluitgat. Verder levert het weglaten van

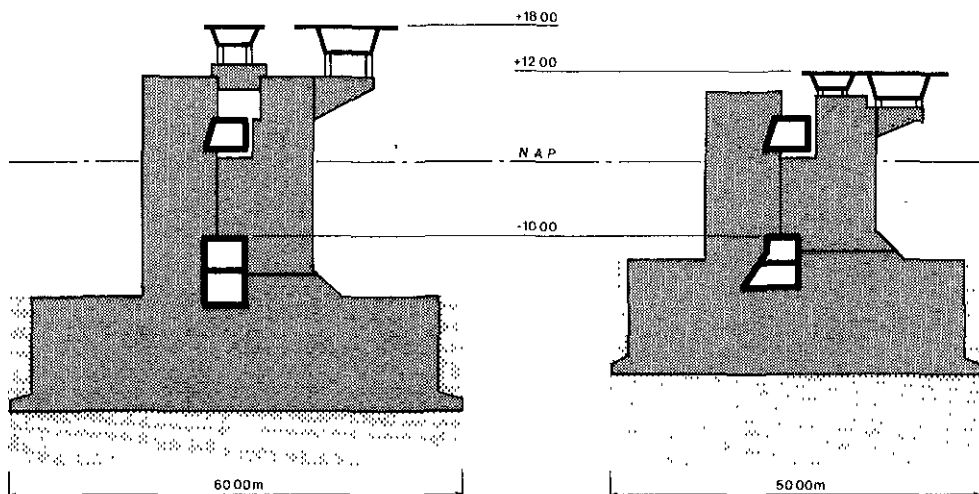
de poten een besparing op in de bouw van het hefschip. De voordelen van de nieuwe plaatsingswijze wegen dan ook ruim op tegen de nadelen. De voetplaat van de pijler wordt nu voorzien van draagribben, die fungeren als tijdelijke oplegging van de pijler. Ook bij de nieuwe plaatsingswijze wordt de ruimte tussen de onderzijde van de voetplaat en het funderingsbed, zij het op een later tijdstip, gevuld met betonspecie, zodat een goede aansluiting wordt verkregen. Een andere verandering in het ontwerp van de pijler betreft de hoogte van de bovenbouw en daarmee de hoogte van de pijlers. De brugliggers moeten zo hoog liggen dat ze geen belasting meer ondervinden van de golven die over de bovenbalk van de stormvloedkering slaan. Omdat uit de probabilistische benadering blijkt dat dit niveau bij de maatgevende storm lager zal zijn dan werd aangenomen, kunnen de brug-

liggers aanmerkelijk lager komen te liggen. Het resultaat hiervan is dat het hoogste punt van de kering, het rijdek van de verkeersweg, teruggebracht is van N.A.P. + 18 m tot N.A.P. + 12 m. Ook de vorm van de dorpelbalk is enigszins

Fig 1 Vormgeving van pijler en bovenbouw volgens de laatste inzichten

Fig 2. De dwarsdoorsnede van de pijler volgens het ontwerp van 1977 (links) en 1978





gewijzigd: de dwarsdoorsnee is van rechthoekig trapeziumvorming geworden. Deze vormverandering houdt verband met de gewenste beperking van de omhoog gerichte kracht op de dorpelbalk in het geval een schuif weigert onder extreme omstandigheden.

Landhoofden en damaanzetten

In Bericht 83 (februari 1978) is de overgangsconstructie van de stormvloedkering naar de oevers aan de orde geweest. Er werden twee varianten beschouwd, een waarbij de verbinding tussen de laatste pijler en de oevers tot stand komt met behulp van een aantal kleine pijlers, en een waarbij een landhoofdcaisson werd toegepast.

Beide varianten zijn intussen verlaten om redenen van kosten, planning en manbezetting. Onder meer om technische redenen bleek een blokkendam te prefereren. Er komt daardoor een betere aansluiting tot stand tussen de eerste pijler en de oever. Het nieuwe landhoofd/damaanzetontwerp kent twee hoofdvarianten, met een aantal tussenmogelijkheden. In beide hoofdvarianten is sprake van een blokkendam. In het eerste alternatief bedraagt de overspanning tussen de eerste pijler en de damaanzet 90 m en wordt de bovenkoker geconstrueerd als een stalen ligger. De beëindiging van de damaanzet, op de plaats waar wordt aangesloten op de blokkendam, wordt gevormd door een stalen kistdam. In het tweede alternatief wordt de bovenkoker geconstrueerd in beton, met twee overspanningen van 65 m. In de blokkendam wordt een tussensteunpunt opgenomen. De beëindiging van de damaanzet wordt nu gevormd door een talud, waarop de blokkendam aansluit.

Teneinde bij Yerseke een gemiddeld getij van 2,70 m te kunnen realiseren, is een netto doorstroomprofiel van 14 000 m² noodzakelijk. Gezien de in het model bepaalde afvoercoëfficiënt van 0,9 zal het bruto profiel dus 15 500 m² moeten bedragen. Houdt men verder rekening met morfologische ontwikkelingen in het Oosterscheldebekken en met mogelijke afwijkingen tussen model en werkelijkheid, dan dient het profiel met 1500 m² vergroot te worden.

Daarnaast moet voor onderhoud een opening enige tijd gesloten kunnen zijn zonder het effectief profiel te verminderen; daarvoor wordt nogmaals 1000 m² bijgeteld. In totaal bedraagt het bruto doorstroomprofiel dan 18 000 m². Nu deze reserves zijn ingebouwd, kan wel met grote zekerheid worden gesteld dat het verticaal getijverschil te Yerseke na de voltooiing van de stormvloedkering inderdaad 2,70 m zal bedragen. Er zullen in totaal 63 openingen komen, verdeeld over de drie sluitgaten. Hiervoor zijn 66 pijlers nodig.

Het drempelontwerp heeft geen ingrijpende wijzigingen ondergaan. Nader onderzoek is uitgevoerd naar de grootte van de waterspanningsvariaties en verhangen op het grensvlak van ondergrond en funderingsbed, veroorzaakt door de middels de pijlervoet naar de ondergrond overgebrachte golfbelastingen op de stormvloedkering.

Voorts is onderzoek uitgevoerd naar de bestendigheid tegen deze hoge cyclische verhangen van het Oosterscheldezeand en het zeegrind in het funderingsbed. Beide onderzoeken hebben ertoe geleid in het drempelontwerp een tussenlaag van grof zand tussen Oosterscheldezeand en het gegradeerde zeegrind op te nemen. Het eerste stortebedbestek, het aanbrengen van asfaltmatiek aan de Oosterscheldezijde in de

Roompot, komt binnenkort in uitvoering. Onder stortebed wordt in dit verband verstaan het extra versterkte gedeelte van de bodembescherming waar, als een schuif weigert, een blokkenmat met een bestorting van staalslakken alleen onvoldoende bescherming biedt tegen het uitspoelen van Oosterschelde-zand.

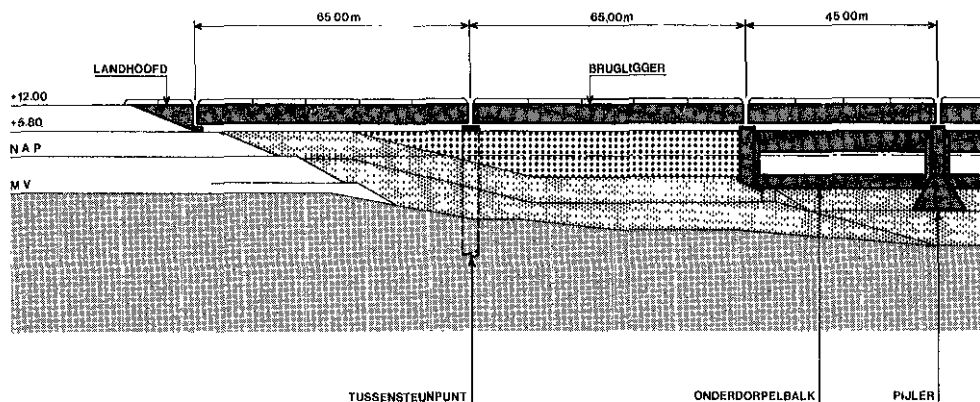
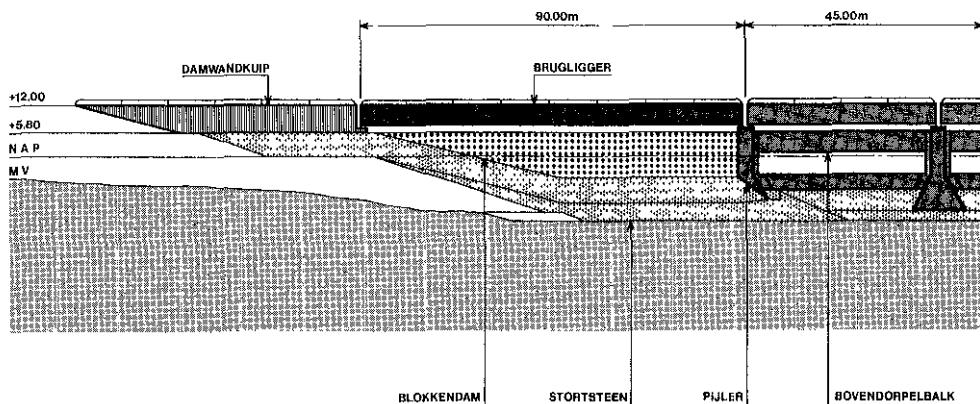
Aan de Oosterscheldezijde bestaat het stortebed uit een asfaltmastiekdeel, afgestort met zware steen, en een overgangsconstructie tussen het mastiekdeel en de drempel. Op het ontwerp van deze overgangsconstructie en de relatie tussen dit ontwerp en het drempelontwerp zal in een volgende aflevering worden ingegaan.

Sluis Noordland

Een nadere analyse van de werkzaamheden ten

behoefte van de bouw en het onderhoud van de stormvloedkering heeft aangetoond, dat de bouw van een sluis noodzakelijk is; medio 1982 moet hij gereed zijn. Vanaf dat tijdstip kan de werkvaart de stormvloedkering in aanbouw niet meer passeren zonder stagnatie en risico voor die bouw. Een aantal constructie-onderdelen, waaronder de schuiven en de bovenbouw, zal via de sluis dienen te worden aangevoerd. De sluisolk zal een lengte krijgen van 100 m en een breedte van 16 m. De sluisvloer komt op N.A.P. -7 m.

Twee mogelijke oplossingen voor de landhoofden van de stormvloedkering



Interactie van de pijlers van de stormvloedkering met de drempel en de ondergrond

De functie van de pijlers van de stormvloedkering in de Oosterschelde is tweeledig. Ten eerste moeten zij de golf- en vervalkrachten die op de kering worden uitgeoefend, overdragen op de bodem. Een deel van die krachten wordt via de drempel tussen de pijlers rechtstreeks naar de grond afgevoerd. Maar een ander deel – het grootste deel – komt op de pijlers via de schuiven en nog weer een ander deel belast de pijlers direct.

De tweede functie die de pijlers vervullen is dat zij een steunpunt vormen voor de bovenbouw en de schuif-aanslagen.

De eerstgenoemde functie van de pijlers gaf de meeste problemen. Om tot een uitgebalanceerd ontwerp te komen, diende dus eerst een analyse te worden gemaakt van het krachtenspel tussen pijler en omgeving. De krachtenoverdracht van de pijler naar de ondergrond verloopt grotendeels via de voetplaat. Die voetplaat rust op een funderingsbed van enkele meters dikte; vandaar verdwijnen de krachten naar de ondergrond. Tengevolge van deze belasting ondergaat de ondergrond een vervorming, wat tot gevolg heeft dat de pijler een kleine beweging maakt. Aangezien de pijler is ingebed in de drempel, zal hij ook via de wanden van de pijlervoet een kracht uitoefenen op de drempel en uiteindelijk op de ondergrond. Hoe de kracht verdeeld is over voetplaat en zijwanden, is niet exact bekend. Wel is uit proeven gebleken dat de voetplaat verreweg het grootste aandeel heeft, zelfs 70 tot 90%. De juiste verdeling zou berekend kunnen worden, wanneer de stijfheid van de ondergrond en de drempel goed bepaald kon worden. Maar in het bijzonder voor de drempel is slechts een benadering mogelijk van de stijfheid, omdat die drempel is

opgebouwd uit kleine tot zeer grote stenen, die vanaf bakken in het water gestort worden. Een tweede complicatie vormen de onderdorpelbalken, die de pijlers onderling verbinden. Zij vormen de onderaanslag van de schuiven en zij moeten om redenen van stabiliteit en hydraulica met zijaanstortingen worden ingebed in de drempel. Daarbij moet men bedenken dat de drempel tussen de pijlers ook rechtstreeks wordt belast en dat de onderdorpelbalken daar ook hun deel van krijgen. Het totale patroon van krachten en reactiekrachten, dus van de interacties, is al met al nogal ingewikkeld. Het ene onderdeel kan eigenlijk niet losgezien worden van het andere.

Wanneer er ook maar één onbekende in het spel voorkomt, wordt de oplossing van het vraagstuk voor elk onderdeel afzonderlijk al bijna niet meer mogelijk. Niettemin moet zo'n oplossing er, met de nodige reserves, toch komen, want de afmetingen van de onderdelen van de constructie moeten tegelijk constructief zo degelijk mogelijk en economisch zo voordelig mogelijk worden vastgesteld. Er is ook een dwingende samenhang tussen de ontwerpisen en de wijze van uitvoering. De theoretisch beste benadering zal steeds afgewogen moeten worden tegen de uitvoerbaarheid en de kosten die daaraan verbonden zijn.

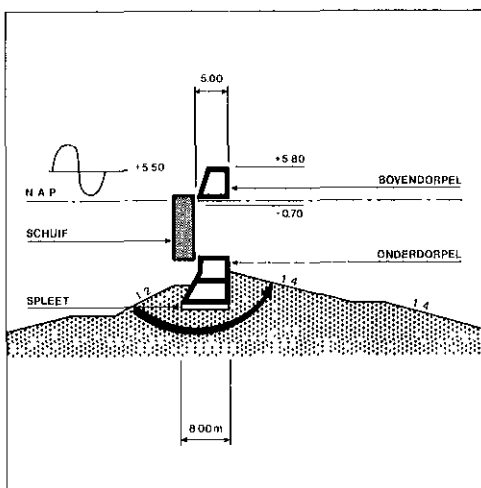
Voor de overzichtelijkheid is het in elk geval gewenst om de verschillende onderdelen van de constructie apart te beschouwen. We kunnen dan onderscheid maken in de interactie van allereerst de voetplaat met het funderingsbed en de ondergrond; vervolgens van de zijwanden van de pijlervoet met de drempel, en tenslotte van de dorpelbalk met de zijaanstortingen. Zoals reeds werd gezegd, vormt de voetplaat de

belangrijkste schakel bij de krachtenoverdracht naar de ondergrond. Dit is niet alleen zo wanneer de stormvloedkering voltooid is, maar ook tijdens de bouw. In die fase moeten alle stroom- en golfkrachten op het funderingsbed worden overgedragen via twee oplegvlakken onder de voetplaat van elk 4 bij 45 m. Deze constructie kan een storm doorstaan met een kans van voorkomen van 1% gedurende de drie jaren van de bouw. Dit betekent dat de bewegingen van de pijler, vooral het indringen van de oplegvlakken in het funderingsbed, dan nog binnen aanvaardbare grenzen blijven. Om de standzekerheid in deze fase te verhogen, wordt elke pijler zodra hij geplaatst is, gevuld met 5000 ton waterballast.

Het zal duidelijk zijn dat aan de stijfheid en de wrijvingsweerstand van het materiaal van het funderingsbed hoge eisen worden gesteld. Het funderingsbed en het eronder liggende zand worden dan ook tot een diepte van 10 m verdicht. Is de stormvloedkering gereed, dan vindt de krachtenoverdracht nog steeds voor het veruit grootste deel plaats via de voetplaat. De belastingen zijn dan echter, wanneer de schuiven bij zware storm worden neergelaten, aanzienlijk hoger. Daarom is het nodig dat de voetplaat over zijn volle oppervlakte van 25 bij 50 m een goede aansluiting verkrijgt met het funderingsbed. Nadat de drempel is aangebracht, wordt de voetplaat dan ook volledig ondervuld met een zand-cement-mengsel.

Of deze ondervulling voldoende schuifweerstand biedt, is onderzocht in Schelphoek, met schuifproeven op grote schaal. Over een oppervlakte van 7 m² werd de aansluiting op ware grootte nagebootst. De horizontale en verticale belastingen en spanningen werden eveneens op ware grootte aangebracht. Men leidde uit de proeven een wrijvingscoëfficiënt af van 0,7, voldoende om de standzekerheid van de pijlers te waarborgen.

Tijdens de krachtenoverdracht van steeds wisselende golfbelastingen wordt niet alleen de grond belast, maar neemt ook het water tussen de korrels van funderingsbed en ondergrond een wisselende spanning op. De spanningswisselingen zijn in het funderingsbed anders dan in de ondergrond. Dat wordt veroorzaakt door verschillen in stijfheid en doorlatendheid en door spanningsspreiding. Op het grensvlak van funderingsbed en ondergrond ontstaat daardoor een verschil in waterspanning, en bijgevolg wisselende, cyclische verhangen in dat grensvlak. De filterconstructie van het funderingsbed dient bij deze relatief hoge verhangen te voorkomen dat de zandondergrond uitspoelt. Hoe die constructie precies moet zijn, is nog niet vastge-



De waterstroom onder de drempel door wil de bodembescherming van onderen opduwen

steeld. Er loopt ook nog een meer gedetailleerd onderzoek naar de grootte van deze verhangen. Als de voetplaat het leeuwendeel van de krachtenoverdracht voor zijn rekening neemt, zal de overdracht tussen pijlerwand en drempel dus relatief klein zijn. Met betrekking tot het vaststellen van de afmetingen levert de grootte van deze krachten dan ook geen probleem op. Bijzondere aandacht eiste wel de mogelijke dwarsbelasting op de pijler, dus de belasting evenwijdig aan de as van de stormvloedkering. Daarbij treedt een roterende beweging van de pijler op, waardoor de drempel een reactie-kracht kan gaan uitoefenen op de lange zijwand. Ook hier speelt de stijfheid van de drempel een rol, vooral van de bovenlaag.

Er is ook gekeken of er door bewegingen van de pijler geen spleten kunnen ontstaan tussen de drempel en de zijwanden. Daar bleek geen sprake

ke van te zijn: op de grensvlakken van pijler en drempel kwamen geen onderlinge verplaatsingen voor, noch loodrecht op, noch evenwijdig aan de wanden.

Het onderlinge krachterspel tussen de dorpelbalk en de zij-aanstoringen van de drempel wordt voornamelijk bepaald door de – overigens geringe – verplaatsingen der constructieonderdelen onder invloed van de belastingen. De dorpelbalk, die in eerste aanleg ontworpen werd als een holle koker van beton met een hoogte van 8 m en een breedte van 6 m, is zo stijf, dat de verplaatsing van de balk niet groter is dan de verplaatsing die hij opgelegd krijgt door de pijler, waarmee hij onbeweegbaar verbonden is. De zij-aanstoringen ondergaan een verplaatsing die gelijk gesteld kan worden aan die van de top van de drempel. Wanneer pijler of balk meer verplaatst worden dan de drempel, drukt de balk tegen de zij-aanstoring aan de Oosterscheldezijde; de drempel zal dan een reactiekracht uitoefenen op de balk en de pijler. Beweegt de drempel meer, dan ontvangt hij aan de Noordzee-zijde een reactiekracht vanuit de balk. Beide situaties kunnen optreden; althans, dat moet men aannemen zolang er geen duidelijker inzicht is in de feitelijke stijfheid van de drempel en dus in de grootte van de verplaatsingen.

Voor de vaststelling van de afmetingen van de dorpelbalk is het evenwel gewenst om de grootte van die krachten te kennen. Aangezien er geen ervaring is met steenachtig materiaal van deze grootte – de stukgewichten lopen op tot 3 ton! – zijn er met betrekking tot de stijfheid en de onderlinge wrijving proeven gedaan en berekeningen opgezet. Toen bleek dat de gezochte interactie-krachten tot grote waarden kunnen komen. Om ze te reduceren lijkt het aanbevelenswaardig de balken aan de Noordzeekant,

waar de grootste krachten worden uitgeoefend, af te schuinen.

Tot nu toe is alleen gekeken naar de krachten van de grond. Maar men mag niet vergeten dat de waterdrukken ook hoog kunnen worden, wanneer er een verval over de kering staat van 6,2 m, met daarbij een staande golf van 9 m hoogte, bij maatgevende storm.

Ten gevolge van het grote waterstandverschil zal er dan onder de dorpelbalk door een sterke waterstroming optreden, die een opwaartse kracht uitoefent op de balk en de stenen van de zij-aanstoring aan de Oosterschelde kant. Aan die kant moet dan ook extra veel en zwaar materiaal worden aangebracht. Ook de dorpelbalk zelf dient voldoende zwaar te zijn, om niet opgelicht te worden.

Overigens moet niet alleen rekening worden gehouden met een waterstandverschil waarbij het Oosterscheldebekken lager is dan de stand buiten. Het omgekeerde kan ook gebeuren, wanneer de kering plotseling gesloten moet worden terwijl het op de Oosterschelde hoogwater is. Het verval dat dan optreedt, is echter belangrijk kleiner.

Uit het bovenstaande kan de conclusie getrokken worden dat het spel der krachten bij alle situaties die redelijkerwijs verwacht kunnen worden, vrij goed bekend is. Toch wordt verder onderzoek verricht, met name naar de stijfheid van het drempellichaam. Misschien kan de grootte van de krachten waarop het ontwerp nu is gebaseerd, daardoor omlaag gebracht worden. Vooral voor het vaststellen van de afmetingen van de dorpelbalken zou dit nog van belang kunnen zijn, omdat de produktie daarvan pas aanvangt in 1982.

Tot 1975 stond het grondonderzoek in de Oosterschelde-monding in verband met de voorgenomen bouw van een dichte dam. Daarvoor waren enkele kleine boorpontons in gebruik. Bij die speciaal voor het uitvoeren van sonderingen en boringen ingerichte pontons werd vanuit de open beun een rond ballastblok van 12 ton neergelaten, dat tijdens het neerlaten werd verlengd met een standpijp bestaande uit delen van 2 m die met schroefdraad aan elkaar werden verbonden. Zodra het ballastblok op de bodem rustte, werden centreerbuisen en sondeerbuisen neergelaten en werd er via een verbindingstuk een hydraulische pers op de standpijp geplaatst. Men had dan een sondeerinstallatie die geheel op zichzelf stond en in de meeste gevallen onafhankelijk was van de bewegingen die de ponton maakte door wind en golfslag. Boringen werden door dezelfde standpijp uitgevoerd. Het grote voordeel hiervan was, vooral in diep water, dat de aanwezigheid van de standpijp de maatvoering vergemakkelijkte. Met deze speciale sondeerboorpontons zijn zeer veel grondonderzoekingen ten behoeve van Delta-objecten en ook andere projecten tot stand gekomen. Er is mee gewerkt bij de uitwateringssluizen in het Haringvliet, bij het Volkeraksluizencomplex, bij de Brouwersdam, in verband met het vooronderzoek voor de Oosterschelde-afsluiting, de Zeelandbrug, en het brug-tunnel project Westerschelde.

Toen in de Oosterschelde gekozen werd voor een afsluitbare stormvloedkering bleken de op deze manier verkregen grondonderzoekresultaten te summier, en kwalitatief veelal onvoldoende. Om in hoog tempo een aanvullend grondonderzoek te kunnen uitvoeren, werd tijdelijk een grote ponton geschikt gemaakt. Deze ponton, de DOS I, hoewel oorspronkelijk gebouwd voor het

vervoeren en het leggen van blokkenmatten, bood de mogelijkheid om het gewenste grondonderzoek uit te voeren zonder dat al te veel stagnaties optraden ten gevolge van de ongunstige werkomstandigheden in de Oosterschelde: de grote waterdiepte, de sterke stroom, de golfslag, de wind en de beperkte ankermogelijkheden. De penetratiediepte bij dit aanvullend onderzoek werd beperkt tot de bovenkant van de pleistocene lagen. Van die lagen was uit eerdere onderzoekingen al bekend hoe vast ze waren; in veel gevallen zo vast, dat ze met de beschikbare apparatuur niet eens konden worden gepenetreerd.

Toen het ontwerp van de stormvloedkering veranderde en een fundering van pijlers op putten werd overwogen, diende men te beschikken over grondonderzoekresultaten tot een nog grotere diepte dan met de DOS I was bereikt. Het vervormingsgedrag van de nieuwe fundering zou namelijk voor een deel ook door de diepere grondlagen worden bepaald. Men begon sonderingen en dichtheidsmetingen nu uit te voeren in combinatie met boringen. Bij deze werkwijze wordt eerst tot een zekere diepte gesondeerd en worden naast de sonderingen boormonsters genomen. Vervolgens gaat men in het boorgat tot grotere diepte sonderen. Dit wordt zonnodig herhaald. Deze methode kost echter veel tijd, en er werd dan ook gezocht naar andere, snellere methoden om sonderingen en dichtheidsmetingen tot grote diepte uit te voeren. Deze pogingen leidden tot de inzet van een speciaal geconstrueerde duikerklok die, neergezet op de bodem met zeer grote kracht – 60 ton – onderzoekapparatuur kan wegdrukken. Toen de plaatsen van de pijlers definitief waren vastgesteld kon het grondonderzoekprogramma worden opgesteld.

De Johan V

Omdat de geïmproviseerde ponton DOS I niet langer beschikbaar was, werd besloten tot de bouw van een speciale ponton met een hoge werkbaarheid en met voorzieningen om zowel op traditionele wijze, als met de duikerklok grondonderzoek uit te voeren. De nieuwe ponton, de Johan V, werd in november 1977 in gebruik genomen.

Aan de achterzijde heeft het vaartuig een open beun van 7×7 m² voor de traditionele boor/sondeertoren. Daarboven staat een 12 m hoog portaal, waartussen de sondeer-boortoren wordt opgebouwd op een ballastblok van 20 ton. Deze hoogte werd bepaald door het getijverschil plus de nodige werkruimte boven het werkplatform. Aan de voorzijde is een middenbeun van 7×7 m² voor het neerlaten van de duikerklok gebouwd. Een middenbeun heeft het voordeel, dat de duikerklok van alle zijden gemakkelijk te benaderen is en er meer van de werkruimte kan worden geprofiteerd.

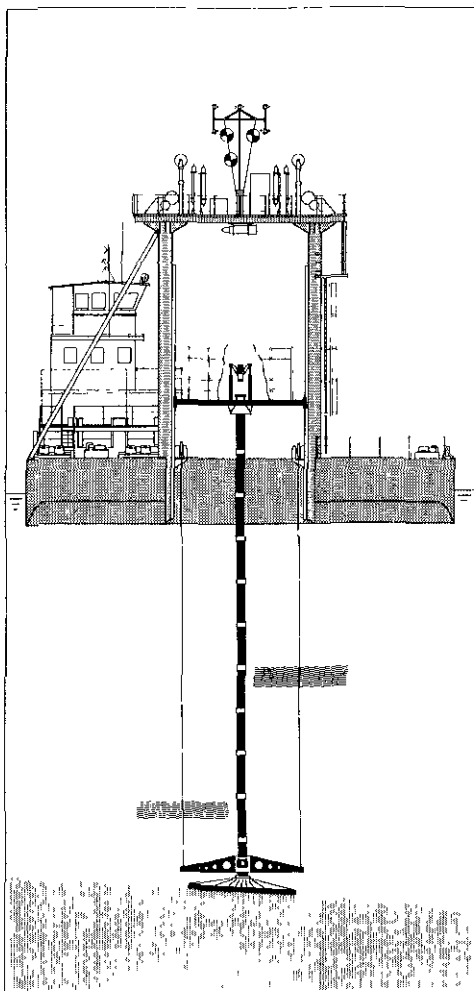
Boven de middenbeun is een zware vierbenige bok opgesteld voor het afvieren van de 70 ton wegende duikerklok. Op het boven de bok gelegen platform staan twee opspoelinrichtingen, waarvan er één is voor de zogenaamde 'navelstreng', waardoor de luchtverversing van de duikerklok wordt getransporteerd en waardoor ook de meetsignalen binnenkomen; de andere opspoelinrichting is voor een 380 V elektrische voedingskabel voor de hydraulische drukinstallatie.

In het dekhuis, aan bakboordzijde, is de machineruimte waar de energie voor het gehele vaartuig wordt opgewekt. Daarboven ligt het dagverblijf voor de bemanning. De tweede verdieping is de centrale bedieningsruimte van de

ponton. Vanuit deze ruimte worden alle op het dek staande lieren en opspoelinrichtingen bediend, en ook de instelling van de beide deïningscompensatoren van de sondeer-boortoren. Alleen de bewegingen van het werkplatform van de sondeer-boortoren en de bediening van de sondeer- en boorapparatuur worden geregeld vanaf dat werkplatform zelf. De hijslieren voor de gewichtsblokken van de sondeertoren en die van de duikerklok onderhouden, wanneer ze op de bodem liggen, toch een constante trekkracht op de staaldraden.

De duikerklok

De duikerklok bestaat in grote lijnen uit drie delen: de grondplaat, het kogelscharnier en de klok zelf. De grondplaat of ballastvoet heeft een diameter van 6 m en kan bij transport worden



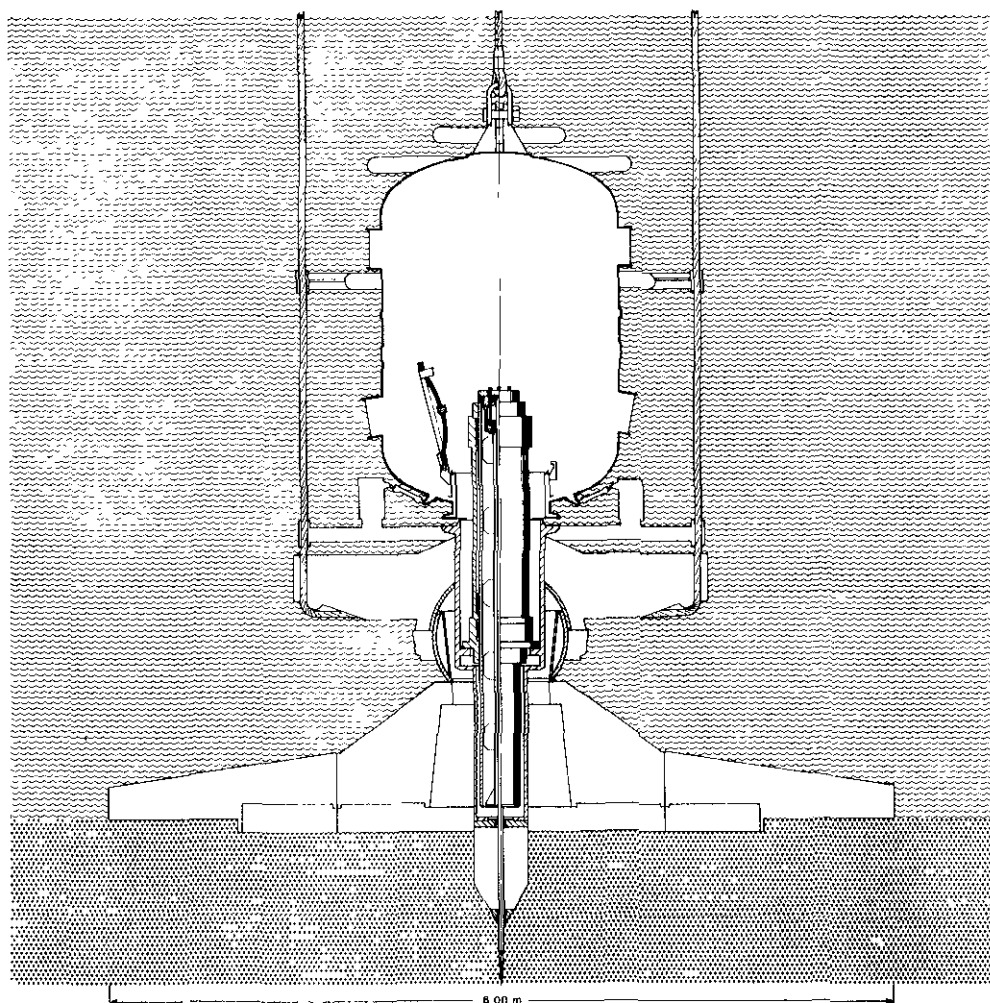
De geoponton 'Johan V' in dwarsdoorsnede terwijl er een grondboring wordt voorbereid

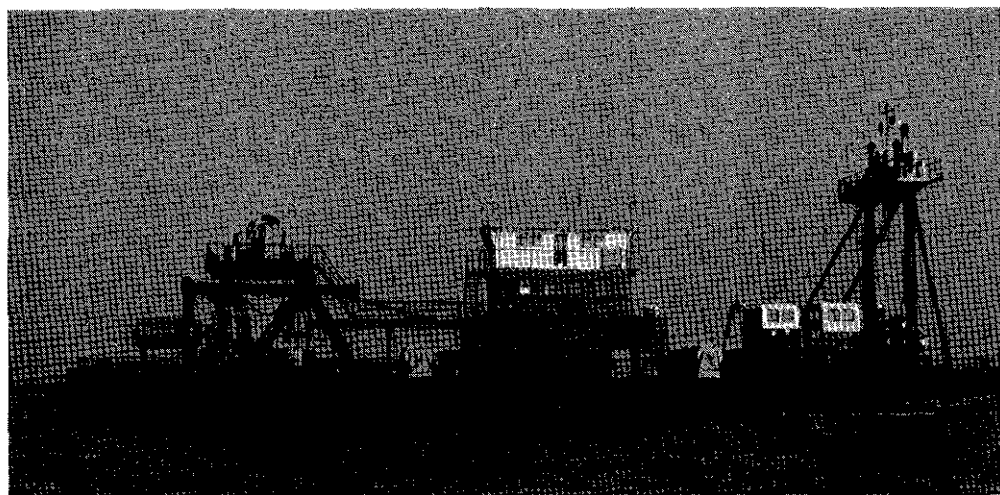
verdeeld in 3 segmenten. In het centrum van de grondplaat staat het hydraulisch sondeer-boorapparaat opgesteld.

Het kogelscharnier tussen grondplaat en klok maakt het mogelijk om de duikerklok op een hellende zeebodem verticaal te stellen. Dit wordt bewerkstelligd door middel van twee hydraulische vijzels die scharnierend aan de grondplaat en aan de onderzijde van de klok zijn bevestigd. Zij worden vanuit de duikerklok bediend.

De eigenlijke duikerklok is een stalen dikwandige cilinder met een inwendige diameter van 1,80 m. De hoogte, gerekend vanaf de werkvloer tot het bolvormige dak, is 2,30 m. De totale hoogte van voetplaat en duikerklok bedraagt 5 m. In de verticale wand zijn 6 vensters gemaakt voor observatie. Op het dak van de duikerklok is

een hijsboom aangebracht, waaraan een kabel is bevestigd; daarmee wordt de duikerklok opgehaald en afgezonken. Naast de hijskabel loopt een andere, de 'navelstreng', die in het jargon echter bekend staat als de 'umbilical'. Deze kabel bevat een aantal lucht- en waterkanalen en een aantal elektrische aders voor de telefoonverbinding en de doorvoer van de meetsignalen. In 1976 is al gebleken dat de duikerklok bij uitsteking geschikt is voor een snelle uitvoering van sonderingen, in het bijzonder daar waar grote vastheid van de ondergrond kon worden verwacht; in 1977 werd een methode ontwikkeld om vanuit de klok tevens boringen uit te voeren. Voor boringen moeten andere en meer speciale aanpassingen en voorzieningen worden getroffen dan voor sonderingen. Zodra er onder water vanuit de duikerklok een open verbinding wordt gemaakt, wat bij de uitvoering van een boring

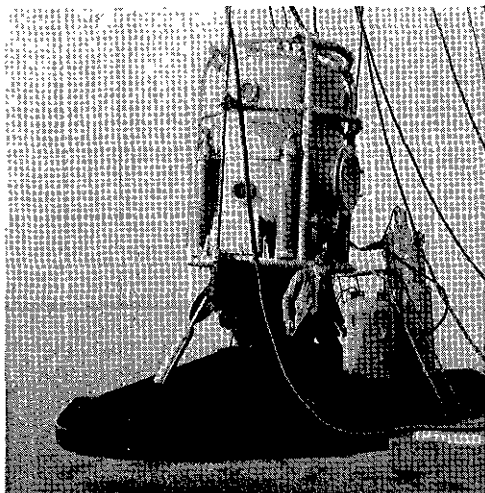




Zijaanzicht van de 'Johan V'

Links: Doorsnede door de duikerklok

Rechts: Duikerklok met grondplaat



onvermijdelijk is, moet er een tegendruk worden opgewekt, gelijk aan de heersende waterdruk buiten de duikerklok. Bij de uitvoering van een sondering of dichtheidsmeting behoeft geen open verbinding te worden gemaakt omdat de sondeerbuizen worden geleid door een serie pakingsringen die voorkomen dat er water binnendringt in de duikerklok. Het grote voordeel van deze constructie is dat sonderingen kunnen worden verricht vanuit de duikerklok, en onder normale atmosferische omstandigheden.

In de loop van 1978 werden met behulp van de duikerklok grote series sonderingen, boringen en dichtheidsmetingen uitgevoerd in verband met de fundering van de pijlerdam, en aan de randen van de toekomstige bodembescherming. Door de snelle manier van werken bleken de uitvoeringskosten per sondering/boring, on-

danks de hoge huurkosten van de ponton Johan V en de duikerklok, onder deze omstandigheden meer dan tweemaal zo laag te zijn als bij de traditionele pontons.

Zowel de geotechnische ponton als de duikerklok mogen dan ook worden beschouwd als een aanwinst in de voorraad gereedschappen die men bij de realisering van de Deltawerken in het algemeen en de Oosterscheldewerken in het bijzonder ontwikkelt.

De verankering van werkschepen in de Oosterscheldemon

De bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde zal in de eerste fasen geheel en later grotendeels worden uitgevoerd vanaf werkschepen. Natuurlijk moeten die schepen worden verankerd, in veel gevallen zelfs buitengewoon nauwkeurig en solide, omdat van de stabiliteit en de plaatsvastheid van het werkschip voor een goed deel de nauwkeurigheid van het werk afhangt. Ankeren in de soms grote diepten van de stroomgeulen zal toch al niet meevallen, maar in het onderhavige geval komt daar nog een moeilijkheid bij: aan weerszijden van de drempel wordt over grote uitgestrektheid, op sommige plaatsen tot 650 m breedte, een bodembescherming gelegd die niet beschadigd mag worden. Conventionele sleepankers mogen in dit gebied daarom niet worden uitgebracht. Er is gezocht naar een systeem van vaste of verplaatsbare ankerpunten dat van deze beperkingen geen last heeft. Daartoe werd geïnventariseerd aan welke eisen zo'n systeem zou moeten voldoen, de hoeveelheid verankeringen die tegelijkertijd op ongeveer één plaats mogelijk moet zijn, welke horizontale en verticale hoeken toelaatbaar zijn, de toleranties ten aanzien van de beweeglijkheid van de te verankeren schepen, enzovoort.

In veel opzichten zijn de eisen die het hefschip en het verdichtingsschip, de twee grootste werkschepen stellen, bepalend. Zij moeten om te kunnen functioneren op acht plaatsen verankerd worden. De overige werkschepen hebben genoeg aan zes verankeringen. Het hefschip, dat de pijlers op hun plaats moet brengen, veroorzaakt samen met de afmeerpontoon de grootste ankerkrachten: maximaal, bij zwaar weer en golfgang van 1,70 m, 200 ton. Bij het hef- en het verdichtingsschip is het de bedoeling dat ze na hun verankering nog nauwelijks in horizontale

zin kunnen bewegen. Er moet dus een ankersysteem worden gekozen met een zo groot mogelijke stijfheid. Hoe lang de ankerdraden moeten zijn, hangt van een aantal factoren af. Een zekere lengte van de ankerdraad is alleen al nodig om onnodig hoge piekbelastingen te voorkomen. Bij het gebruik van korte draden moet er te vaak van ankerpunt worden veranderd, wat zeer tijdrovend is. Bij lange ankerdraden wordt de verticale hoek met het ankerpunt gunstiger, maar de nauwkeurigheid van de verankering neemt af. In overleg met de ontwerpers van het hefschip en het verdichtingsschip is besloten de ankerdraadlengte te bepalen op 300 tot 600 m. De horizontale ankerhoeken, die voor de plaatsvastheid van de vaartuigen van belang zijn, en ook voor de grootte van de ankerkrachten, mogen bij het hefschip en het verdichtingsschip variëren tot 30° waar het boeg- en hekdraden betreft, en tot 45° bij de zijdraden. Kruisende draden moeten zoveel mogelijk vermeden worden: schepen met kruisende draden beïnvloeden elkaar in hun plaatsvastheid, de draden slijten ook meer, en de schepen worden van elkaar afhankelijk bij verstellen en opbreken. Om deze laatste reden moeten de te vormen ankerpunten ook zo geconstrueerd worden, dat twee schepen die er tegelijk gebruik van maken, onafhankelijk en op eenvoudige wijze kunnen los- en vastmaken.

Wat voor ankerpunten kunnen er nu gevormd worden, die aan deze eisen voldoen? Men zou kunnen werken met een beperkt aantal ankerpunten dat al naar behoefte in de sluitgaten wordt verplaatst. Te denken valt aan gewichtsansers, zuigankers of geheide ankerpalen, die na gebruik getrokken en elders ingeslagen zouden kunnen worden. Het gestelde doel zou echter ook bereikt kunnen worden door ankerpun-

ten op vaste plaatsen. Ook daarvoor zijn geheide ankerpalen bruikbaar.

Een gewoon anker heeft een vorm die maakt dat het zich ingraaft wanneer het over de bodem gesleept wordt. De houdkracht die ontleend wordt aan de grondweerstand, is onder meer afhankelijk van de grondsoort, de vorm van het anker en de ingraafdiepte. Een gewichtsanker graaft zich niet in. Het zal bestaan uit bijvoorbeeld een blok beton dat op de bodem ligt. Het moet zo zwaar zijn dat de kracht die nodig is om het te verslepen groter is dan de houdkracht van de ankerdraad. Ankerpalen zijn volgens een vast patroon in de bodem geheide palen, waarop een kopconstructie wordt aangebracht, die ongeveer een meter boven de bodem – in dit geval de bodembescherming – uitsteekt. De kop moet een bepaalde kracht kunnen opnemen uit alle richtingen.

Bezien we nogmaals het werkgebied, waar bij de bouw van de stormvloedkering een intensief scheepsverkeer verwacht wordt. In een strook van 75 m aan weerszijden van de as van de dam moet voor de pijlers een funderingsbed worden aangelegd. Daar kunnen geen vaste ankerpunten geslagen worden, en ook geen conventionele ankers worden uitgebracht, omdat die de drempel in opbouw zouden beschadigen. De daaropvolgende zone van 500 m breedte verdraagt geen conventionele ankers. Wel kunnen daar vaste ankerpunten geslagen worden. Sommige soorten verplaatsbare ankers, gewichtsankers, zijn daar ook wel mogelijk. Buiten de bodembescherming moet worden gerekend met ontgrondingskuilen, die tijdens de werken geleidelijk gaan ontstaan. Men neemt aan dat ze tijdens de bouw niet dieper worden dan 10 m, en hellingen zullen hebben tussen 1:4 en 1:10. In deze zone kan het beste, en trouwens ook het goedkoopste, conventioneel worden geankerd.

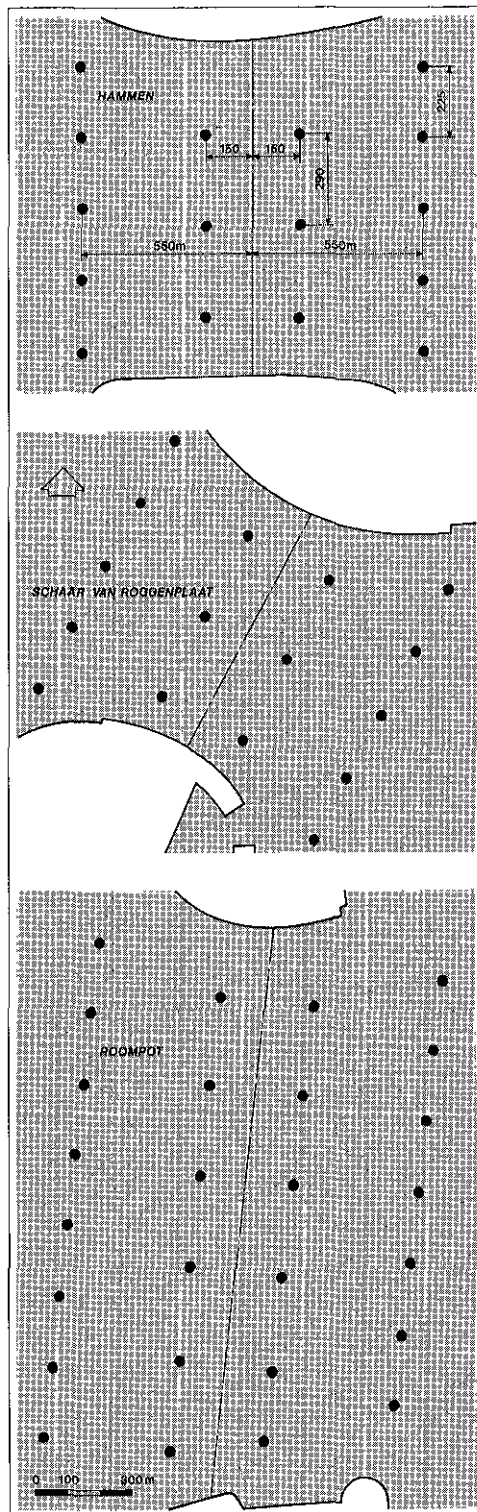


Fig 1. Het patroon van ankerpalen in de Oosterscheldedam

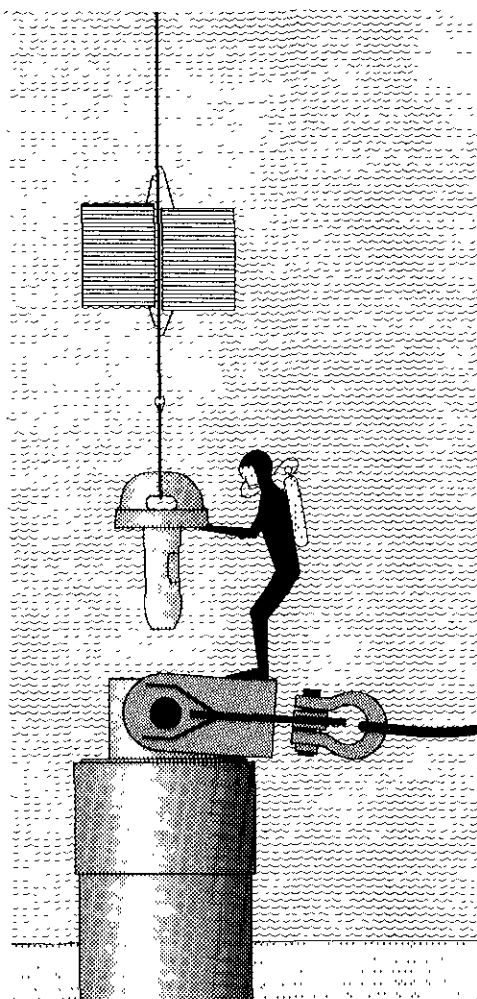
Voor het overige is besloten over te gaan tot een systeem van vaste ankerpunten in de zone van de bodembescherming. Gezien de lengte van de ankerdraden is het niet erg dat in het cu-net geen ankerpalen mogen worden geslagen. Bij het vaste-ankerpuntensysteem, waarvan het patroon is weergegeven in figuur 1, zal het niet helemaal te vermijden zijn, dat er van tijd tot tijd ankerdraden kruisen. Dit wordt incidenteel toelaatbaar geacht. Overigens zijn vaste ankerpunten goedkoper dan gewichtsankers.

Het ontwerp van de ankerpaal

Als ontwerpbelasting voor de stalen ankerpalen is uitgegaan van de maximale belasting van 200 ton.

De maten van de palen worden vooral bepaald door de horizontale draagkracht van de grond waarin ze komen te staan en de hoogte van de paalkop boven de bodem, die op zijn beurt wordt bepaald door de dikte van het stortebed. Door de grote variatie van deze parameters is het verschil in lengte en wanddikte van de verschillende palen groot.

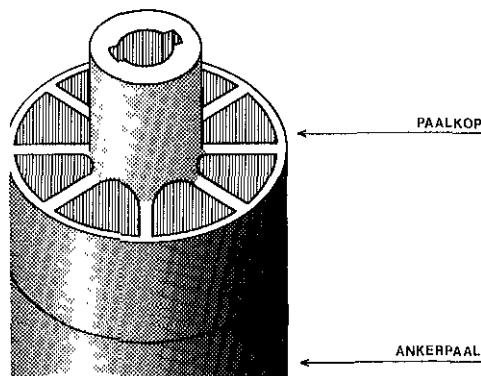
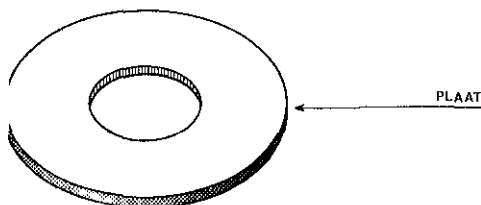
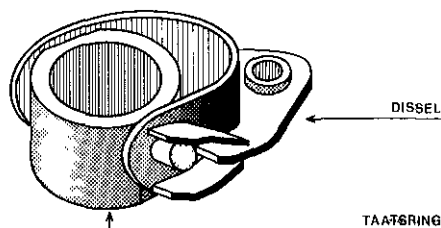
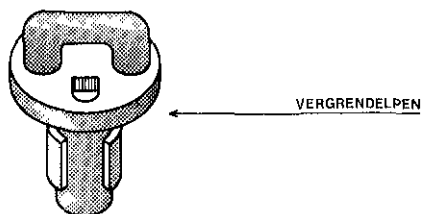
Alle palen zullen een uitwendige diameter bezitten van 1422 mm. De zwaarste paal is 20 meter lang, waarvan 17,7 meter in de bodem geheid moet worden, en heeft een maximum wanddikte van 46 mm. De kleinste paal behoeft slechts 15 meter lang te worden, met een maximale wanddikte van 33 mm. De diepte waarop de palen komen te staan, varieert van N.A.P.-5 tot -35 m. De paal wordt, met het erop gelaste deel van de kop, zonder de overige losse delen in z'n geheel weggeheid. Er zal gebruik gemaakt worden van zogenaamde oplangers. Dat zijn verlengbuizen die op de paalkop gelast worden en die dan steeds boven water blijven uitsteken. Als de paal op diepte geheid is, wordt de oplanger onder water van de paalkop afgebrand. Daarna kunnen de overige delen worden gemonteerd. Bij het heien worden er grote versnellingskrachten op de paal uitgeoefend, tot 1000 maal het eigen gewicht. De losse onderdelen van de paalkop kunnen dan ook pas na het heien worden gemonteerd. De paalkop moet vanuit alle richtingen belast kunnen worden met een ankerkracht van 200 ton; daarbij zal de verticale ankerhoek nooit groter worden dan 15 graden. Bovendien moet hij door twee ankerkrachten van 60 ton vanuit alle richtingen kunnen worden belast, waarbij de verticale ankerhoek nooit groter zal worden dan 30 graden. De ankerdraden moeten onafhankelijk van elkaar kunnen bewegen, en mogen niet in de kop verward raken, wat bijvoorbeeld gemakkelijk zou kunnen gebeuren als gevolg van de stromingen. Demonstabele onderdelen en ankerdraden moeten met



2

Fig. 2. De montage van de ankerpaalkop

Fig. 3. Constructie van de paalkop



simpele hulpmiddelen kunnen worden vervangen.

Dit wat betreft de constructie van de kop. Wat de materialen betreft, aanvankelijk zijn gelaste constructies overwogen maar die vielen snel af omdat er een zware, gedrongen constructie ontstaat die moeilijk lasbaar zou zijn. Bovendien zouden de lassen tijdens het heien vermoedelijk scheuren. Het zou onder water praktisch onmogelijk zijn dit vast te stellen, laat staan te repareren.

De vorm en de zwaarte van de paalkop, en ook het feit dat er zo'n groot aantal koppen moest worden gegoten, wel 60 stuks, gaf een duidelijke indicatie dat aan een gegoten constructie moest worden gedacht.

Het gietijzer zal van hoge kwaliteit moeten zijn: vanwege de grote spanningen die optreden tijdens het heien; lasbaar, omdat de kop aan de paal wordt gelast; slijtvast, omdat de draaiende onderdelen zich in met zand verzadigd zeewater bevinden, waardoor grote slijtage is te verwachten. De 10 mm die maximaal aan slijtage te verwachten is, werd als overdikte aangebracht op de vlakken die slijten.

De kopconstructie wordt afgebeeld in figuur 3. Op de paalkop is een afdekplaat aangebracht, om de taatsring niet achter de spaken van de paalkop te laten vastlopen en geen stortsteen of andere materialen tussen de spaken te laten komen, waardoor het geheel vast zou lopen. De taatsring en de dissels draaien om de taats van de paalkop met een speling van 4 cm. De dissels kan om de oren van de taatsring draaien en zelfs over de kop worden getrokken.

De vergrendelpen, tevens tweede ankervoorziening van 60 ton, ligt met z'n nokken in de kassen van de paalkop. De vergrendelpen wordt door een borgpen op de plaats gehouden.

Na het heien van paal en paalkop worden de taatsring en de dissels gemonteerd, samen met de voorloper, dat is het eerste stuk ankerdraad dat altijd aan de paal blijft vastzitten.

Het vervangen van onderdelen of van de voorloper geschiedt op dezelfde wijze.

De hulp van duikers is daarbij onontbeerlijk. Schepen kunnen voor anker gaan door een voorloper op te pakken, waarvan het uiteinde aan een boei op het water drijft. Een eventuele tweede ankerdraad aan een ankerpaal moet door een duiker aan het oog van de vergrendelpen worden vastgemaakt.



Waterhuishoudkundige relaties in het Deltagebied



Het doel van dit artikel is, inzicht te verschaffen in de waterhuishoudkundige relaties tussen de Zeeuwse wateren onderling en tussen de wateren en het Zeeuwse land, in verleden, heden en toekomst. In deze beschrijving staat het Oosterscheldebekken in het middelpunt, vanwege de grote waterhuishoudkundige invloed die het heeft door zijn centrale ligging ten opzichte van de omringende wateren: het Veerse Meer, het Grevelingenmeer, het toekomstige Zoommeer en de Westerschelde.

Wat is nu waterhuishouding? In de nota 'De waterhuishouding van Nederland' (1968) wordt waterhuishouding gedefinieerd als: 'het geheel van onderzoeken, technische werken en bestuurlijke maatregelen, dat nodig is om tot een zo doelmatig mogelijke kwantitatieve en kwalitatieve beheersing van het aanwezige water te komen'.

In dit artikel zullen de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van de waterhuishouding beschreven worden en wel in 't bijzonder het waterpeil, het chloridegehalte en het gehalte aan voedingsstoffen. Er zijn van deze factoren thans meer gegevens beschikbaar dan van andere factoren zoals zuurstofgehalte, zuurstofbindende en toxische stoffen en dergelijke. Het verband tussen waterpeil, zout- en voedingsstofgehalte enerzijds en de levensgemeenschap in en rond het water aan de andere kant, komt eveneens aan de orde.

Voorgeschiedenis

Ongeveer 4000 jaar geleden ontstond in het zuidwesten van Nederland langs de kust een strandwallencomplex, in een gebied dat voordien werd gekenmerkt door overstromingen en

verlandingen. De invloed van de zee verminderde, en daarmee het proces van uitschuring, aanzanding en opslibbing. Het oppervlaktewater werd zoeter en volgde niet langer de schommelingen van de getijbeweging. Hierdoor ontstonden gunstige omstandigheden voor een vegetatie in een zoetwatermilieu. De flora kon zich onder deze voorwaarden tot een dichte, hoogopgaande begroeiing ontwikkelen. De afstervende delen vormden veenlagen, die nu nog op veel plaatsen in de bodem van het Deltagebied kunnen worden teruggevonden. Uit die perioden dateren de eerste sporen van bewoning, die zijn aangetroffen bij Brabers in de gemeente Westerschouwen.

Omstreeks 750 voor Christus werd de strandwal door een stijgende zeespiegel en hoge vloed en op verschillende plaatsen doorbroken. De invloed van de zee nam toe. De doorbraken groeiden uit tot wijd vertakte geulenstelsels die ver in het veengebied doordrongen en grote delen van het veenlandschap opruimden. Het oppervlaktewater in het gebied werd zout tot brak, afhankelijk van de invloed van de zee en de afstromende neerslag. De resterende uitgestrekte begroeiing werd veelal overstroomd en stierf af. De geulen werden soms weer opgevuld met klei- en zandafzettingen en op de onder water gelegen veenlagen ontstond een geleidelijk opslibbingsproces van zeeklei.

Het in de bodem aanwezige dieper gelegen zoete grondwater werd praktisch in het gehele gebied verdrongen door zout grondwater. Daarmee werd het zoetwatermilieu weer vervangen door een dynamisch zoutwatermilieu. Nadien werden zulke perioden weer afgewisseld door perioden met een minder snel stijgende zeespiegel, waarbij de invloed van de zee afnam en grote delen van de Delta niet meer werden overstroomd. Dan konden de weinige bewoners zich op de drooggevallen gronden vestigen.

Gunstig voor hen was dat door neerslag een zoete bovenlaag werd gevormd in het overigens zoute grondwater, waardoor flora en fauna veranderden en beperkte veenvorming voorkwam. De laatste maal dat de zee agressief opdrong in het nog niet door dijken beveiligde gebied, is de post-karolingische periode geweest, van 900 tot 1200. Toen ontstonden vooral aan de zeezijde grote doorbraken, waardoor de invloed van de zee sterk toenam. Vooral door de daarop volgende hoge vloed en trad overspoeling en verder landverlies op. De bewoners voelden zich in hun bestaan bedreigd en gingen zich weren tegen het water. Men wierp woonhoogten op, en later, in de 12e eeuw, de eerste dijken.

In de geschiedschrijving van die eeuw komt de naam Wolphaartsdijk voor.

Vanaf die tijd speelde de mens een actieve rol in het spel van water en land, en daardoor ook in het spel van zout en zoet.

Omstreeks 1200 vertoonde het Deltagebied veel overeenkomst met de huidige topografische contouren.

Voor het eerst werden volgens plan dijken en kaden gemaakt. Een nieuw woord deed zijn intrede, 'polre', polder. In zo'n door dijken omsloten gebied werd de invloed van de zee op het landmilieu teruggedrongen. De neerslag vormde een zoete bovenlaag, waardoor langzamerhand voor landbouw en veeteelt gunstige omstandigheden ontstonden.

Van tijd tot tijd echter werd een gedeelte van de bekading of bedijking verwoest door stormvloed, waarbij land verloren ging. In sommige gevallen werd niet meer tot bedijking overgegaan. Het meest omvangrijke prijsgegeven gebied staat nog bekend als het 'Verdrongen Land van Zuid-Beveland'. Op andere plaatsen werd de schade hersteld, soms trouwens pas na verloop van tientallen jaren.

De vele afzonderlijke eilandjes werden in de loop der tijden door dammen onderling verbonden. Dit veranderde het eilandengebied ingrijpend. De schorren en de slikken met hun wijdvertakte stelsel van geulen en kreken werden vervolgens aan het estuarium onttrokken. De grenzen tussen land en water en tussen zout en zoet oppervlaktewater werden scherper. Gegeven de beweeglijkheid van de geulen werd aldus een riskante situatie gecreëerd, waarbij vrij veel dijk- en oevervallen voorkwamen. Voorzover het land werd bedreigd ging men in de loop van de 19e eeuw over tot het aanbrengen van steenglooilingen en onderwaterbestortingen, al of niet op zinkstukken.

In de tweede helft van de 19e eeuw zijn werken uitgevoerd die duidelijk ingrepen in het regime van het Deltagebied: de afdamming van het Kreekrak tussen Zuid-Beveland en Brabant, en die van het Sloe tussen Zuid-Beveland en Walcheren.

Deze werken waren noodzakelijk voor de aanleg van een spoorlijn tussen Bergen op Zoom en Vlissingen. De Kreekrakdam werd in 1867 voltooid, de Sloedam in 1871. Als vervangende scheepvaartwegen werden het Kanaal door Zuid-Beveland en het Kanaal door Walcheren gegraven.

Met de aanleg van de Kreekrakdam werd het regime van de Oosterschelde gescheiden van dat van de Westerschelde. Het chloridegehalte in de Oosterschelde steeg daardoor, terwijl het in de Westerschelde onder invloed van de zoetwaterafvoer van de Schelde daalde. De verhoging

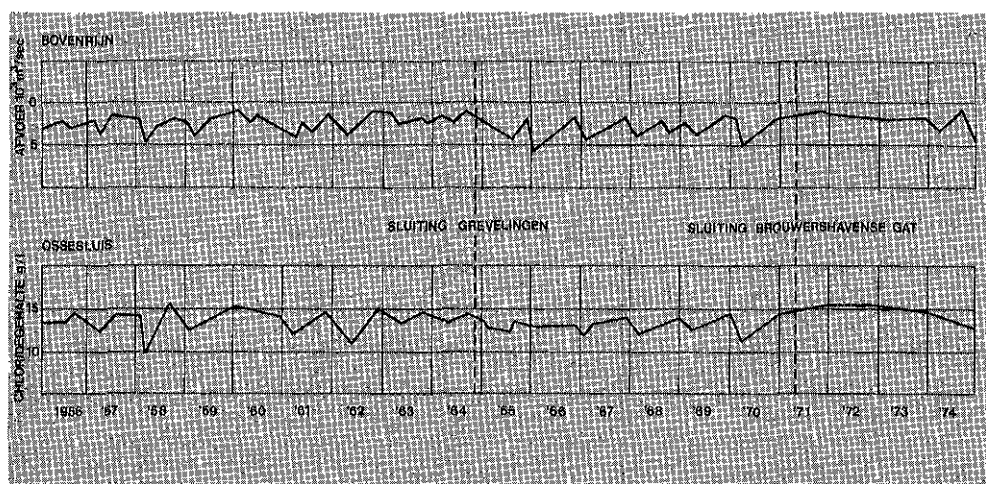
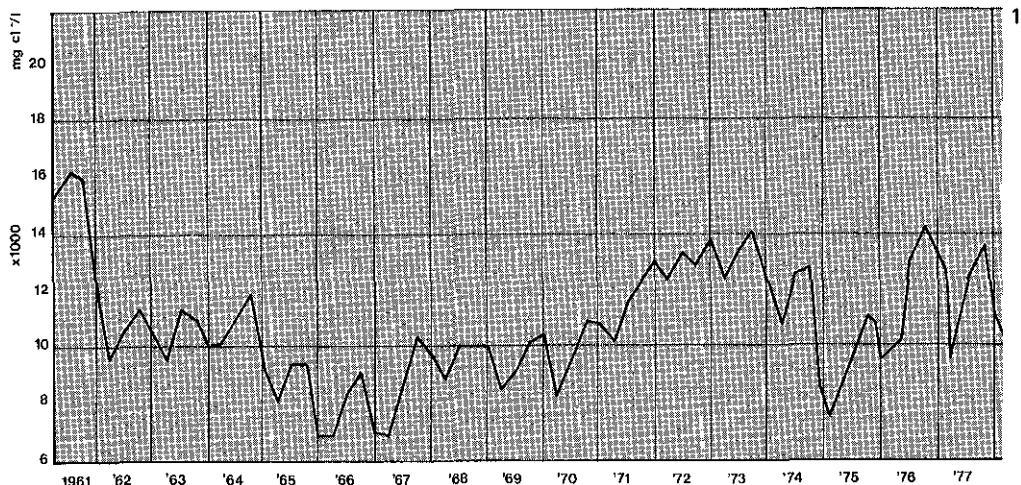


Fig. 1. Verloop van het chloridegehalte in het Veerse Meer

Fig. 2. Verband tussen Rijn-afvoer en zoutgehalte in de Grevelingen

van het chloridegehalte in de Oosterschelde is van doorslaggevende betekenis geweest voor de opkomst van de oesterteelt in dit gebied. Het chloridegehalte in de Oosterschelde bleef echter via het Hollands Diep en het Volkerak nog sterk afhankelijk van de afvoer van de Rijn. Na de scheiding van Oost- en Westerschelde vond aanslibbing, schor- en slikvorming plaats. Een groot deel hiervan werd overigens na verloop van tijd ingedijkt.

Het Sloe was belangrijk dieper dan het Kreekrak. De afsluiting van het Sloe had gevolgen voor het Veerse Gat en de Zandkreek: de rechtstreekse relatie met de Westerschelde werd verbroken, en het getijvolume van het Veerse Gat nam toe. Beide afdammingen waren de laatste grote ingrepen op het estuarium, voordat met de Deltawerken werd begonnen. Aldus ontstond wat wij allemaal zien als het 'ouderwetse

Zeeland', een gebied in open verbinding met de zee, maar landinwaarts onderhevig aan een groot complex van natuurlijke en menselijke invloeden. Overigens een gebied met een groot aantal hoog gewaardeerde eigenschappen. De stormvloed van 1 februari 1953 was een catastrofe, maar het rampherstel was behoudend. Het veroorzaakte geen grote veranderingen in *het functioneren van de waterhuishouding in de Delta*.

Het Deltaplan, dat door de stormramp is geïnspireerd, zou dit wel doen.

Met de afsluiting van de Zandkreek in 1960 en het Veerse Gat in 1961 ontstond het Veerse Meer: een van de vroegste werken van het Deltaplan.

Voordien werd de Zandkreek voornamelijk gevuld en geleidigd via het Veerse Gat. Waar nu de Zandkreekdam ligt, was toen een wantijgebied. Een groot gedeelte van het water dat uit de aanliggende polders via de schutsluizen bij Veere en door neerslag op de Zandkreek werd gebracht, werd met de stroom naar de Noordzee afgevoerd. De aanleg van de Zandkreekdam liet deze toestand voortbestaan, maar na de afsluiting van het Veerse Gat ontstond een gesloten bekken zonder getij. Grote delen van de voormalige slikken en schorren vielen voorgoed droog. De tijgebonden flora en fauna verdween, terwijl andere organismen, zoals zeesla, nu hun kans kregen.

Vanzelfsprekend is ook de waterkwaliteit door dit alles sterk veranderd. In het jaar voorafgaand aan de afsluiting van de Zandkreek, schommelde het chloridegehalte tussen 15 en 18 gram per liter en waren de nutriëntenconcentraties relatief laag. Hoewel daar weinig gegevens over zijn, mag worden aangenomen dat de levensgemeenschap een grote diversiteit kende, evenals nu nog in de Oosterschelde. Het chloridegehalte daalde kort na de afsluiting tot 10 gram per liter en heeft zich sindsdien voornamelijk bewogen tussen 7 en 14 gram per liter. Het voorjaar gaf dan steeds een minimum te zien en het najaar een maximum (fig. 1). De nutriëntengehalten liepen na de afsluiting sterk op. Door de grote belasting van de polderwaterlozingen is het water sindsdien geeutrofiëerd gebleven, temeer daar de enige verbinding met de Oosterschelde, de Zandkreeksluis, slechts een geringe uitwisseling met vers water toelaat. De nadruk in de levensgemeenschap ligt nu vooral bij de typische brakwatersoorten. Door de sterke fluctuaties in chloridegehalte blijven de kansen voor mariene soorten steeds klein; ook de totale diversiteit in de levensgemeenschap worden door die fluctuaties beperkt. Wegens de voedselrijkdom van het meer gaat hiermee een sterke voorjaarsbloei van vooral diato-

meën en micro-algen gepaard. Ondanks de voedselrijkdom blijft het meer echter redelijk helder.

Vóór de aanleg van de Grevelingendam, in 1964, was het Grevelingenestuarium een getijdegebied, in open verbinding enerzijds met de zee, anderzijds met het Krammer/Volkerak. Het chloridegehalte van deze zeearm werd voornamelijk bepaald door het kustwater, en door de afvoeren van Rijn en Maas. Na het gereedkomen van de Grevelingendam verviel de zoetwateraanvoer, die voordien met name bij hoge rivierafvoeren binnenkwam via Volkerak en Krammer. Indirect bleef het chloridegehalte van de Grevelingen nadien nog door de Rijnafvoer beïnvloed via het kustwater. Uit fig. 3 blijkt het verband tussen de afvoer van de Bovenrijn en het chloridegehalte van de Grevelingen nabij Zonnemaire en Ossesluis, en het effect daarop van de aanleg van de Grevelingendam en de Brouwersdam.

De Grevelingendam is aangelegd in het wantijgebied. De veranderingen in horizontaal en verticaal getij bleven daardoor beperkt, zodat de waterhuishouding in de periode tot de aanleg van de Brouwersdam in het westelijk deel van de Grevelingen nauwelijks afweek van die van voor 1964. Na de afsluiting door de Brouwersdam, in 1971, werd de Grevelingen een gesloten bekken met een streefpeil van N.A.P. -0,20 m. Dit streefpeil is vastgesteld vanwege waterhuishoudkundige belangen; het zal worden gehandhaafd tot na de afsluiting van de Oosterschelde. De sinds 1964 in gebruik zijnde schutsluis in de Grevelingendam bij Bruinisse, de Grevelingensluis, is oorspronkelijk niet ingericht als spui- en inlaatsluis. Uitsluitend ten behoeve van het schutbedrijf waren in elke deur een aantal spuiopeningen aanwezig. Nadien zijn extra spuiopeningen aangebracht om het waterpeil op het Grevelingenmeer beter te kunnen beheersen. Toch was dit niet afdoende. In de natte periode van november 1974 bijvoorbeeld steeg het peil tot N.A.P. terwijl in de droge zomer van 1976 een stand van N.A.P. -0,43 m werd bereikt. Substantiële beïnvloeding van de waterkwaliteit bleek met behulp van de Grevelingensluis niet mogelijk. De mogelijkheid om de waterkwaliteit te beïnvloeden ontstond pas met het gereedkomen van de spui- en inlaatsluis in de Brouwersdam in de zomer van 1978. Deze sluis is ontworpen op een etmaalcapaciteit van 100 m³/sec. Direct na de afsluiting bedroeg het chloridegehalte van het meer 16,7 gram per liter. Onder invloed van neerslag en verdamping op het meer van polderwaterlozingen enerzijds en het gebruik van de schutsluis bij Bruinisse anderzijds, trad een geleidelijke daling op. Het gehalte va-

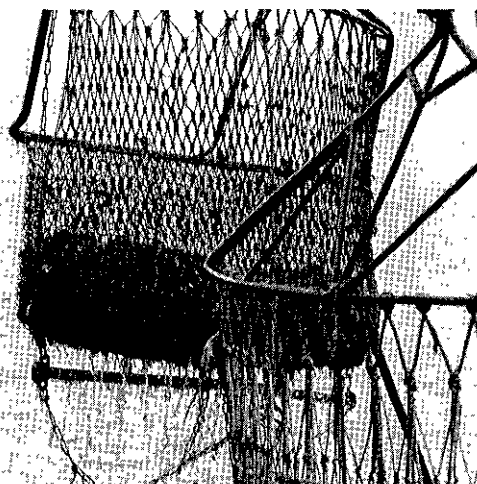
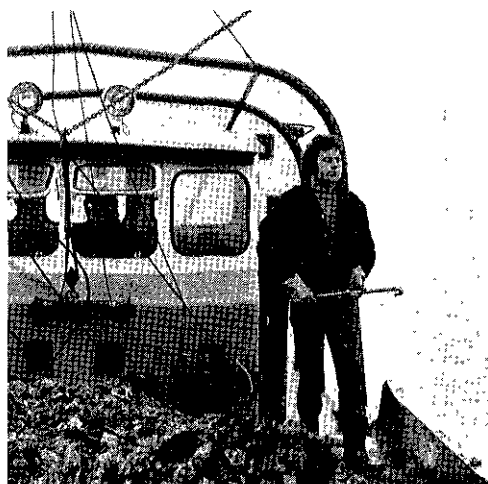
rieert nu tussen 12,5 en 14 gram per liter. In de zomerperiode stijgt het door neerslagtekort, in de winterperiode daarentegen daalt het door een neerslagoverschot.

Na de afsluiting speelden vergelijkbare biologische processen als in het Veerse Meer een rol: beide afsluitingen vonden plaats in het voorjaar. De getijgebonden flora en fauna op de drooggevallen gronden en in het water verdwenen.

Door bezinking van zwevend materiaal werd het bodemleven afgedekt, en traden schimmel- en rottingsverschijnselen op. Ongeveer 30% van de soorten in de Grevelingen overleefde de ingreep niet. Daarna trad een herstel op tot ongeveer het vroegere soortenaantal, zij het dat sommige soorten niet terugkeerden, maar vervangen werden door andere. Ondanks de daling van het chloridegehalte heeft het soortenaantal uiteindelijk waarschijnlijk niet ernstig

Onderwatergras





geleden. Er zijn echter aanwijzingen dat de conditie van verschillende dieren niet meer optimaal is: in deze minder zoute wateren zijn de afmetingen vaak kleiner dan elders. In het Grevelingenmeer kan niet gesproken worden van echte eutrofiëring. De grotere helderheid is er mede de oorzaak van, dat de zeegrasvelden zich hebben kunnen uitbreiden tot grotere diepten dan normaal, waardoor een geweldig voedselgebied voor allerlei diersoorten is ontstaan.

Vanwege de visserij bestaat momenteel belangstelling voor de produktie van oesterbroed in het Grevelingenmeer, waarmee men hoopt de stand van de Zeeuwse oester weer op een hoger peil te kunnen brengen.

Het systeem van Keeten-Kramer-Volkerak had voor de aanleg van de Volkerakdam, die voltooid werd in 1970, een vrij sterke chloridegehaltegradiënt en sterke dagelijkse en jaarlijkse schommelingen in het zoutgehalte, veroorzaakt door het getij en door de fluctuaties in rivierafvoer. Vóór het leggen van deze dam heerste er een zoutgradiënt van 0,3 tot 15 gram chloride per liter. Er ná verliep de gradiënt van 9 tot 15 gram. Als gevolg hiervan verdwenen de geïntroduceerde zoetwatersoorten; de brakwaterfauna overleefde de ingreep, en zeer snel na de voltooiing van de dam begon een mariene fauna het gebied te koloniseren. Het hogere en stabielere zoutgehalte had uiteindelijk een verrijking van de bodemfauna tot gevolg. Bij dit alles dient de eveneens enigszins gewijzigde sedimentsamenstelling niet uit het oog te worden verloren. Toch blijken steeds weer het zoutgehalte en de fluctuaties daarin op te treden als bepalende factor voor de samenstelling en de rijkdom van de levensgemeenschap. Het is ove-

rigens ook een bekend feit dat juist door het leggen van de Volkerakdam ook in de Oosterschelde het zoutgehalte is verhoogd en gestabiliseerd, en tevens dat de verontreiniging erdoor is verminderd en de helderheid verhoogd.

Wateren die de Oosterschelde beïnvloeden

Het chloridegehalte van het kustwater is iets hoger dan dat in de Oosterschelde en aanzienlijk hoger dan dat in het Grevelingenmeer.

Meestal is het chloridegehalte van het kustwater lager dan 19 gram per liter, en hoger dan 17 gram per liter. De fluctuatie houdt verband met het jaargetijde.

Uitschieters beneden 16 gram per liter kunnen optreden, zij het veel minder frequent in de mond van de Oosterschelde dan in het Brouwershavense Gat. Het chloridegehalte midden op de Noordzee bedraagt 19 tot 20 gram per liter. De verzoeting die optreedt langs de kust is het gevolg van de toevoer van zoet water door de grote rivieren. Hierbij speelt de Rijn de belangrijkste rol. Deze stroomt uit via de Nieuwe Waterweg, en bij hoge afvoeren ook via de Haringvliet-sluisen.

De invloed van de Schelde is duidelijk geringer. Met behulp van wiskundige simulaties wordt momenteel getracht vast te stellen hoeveel water uit de Westerschelde doordringt in de Oosterschelde.

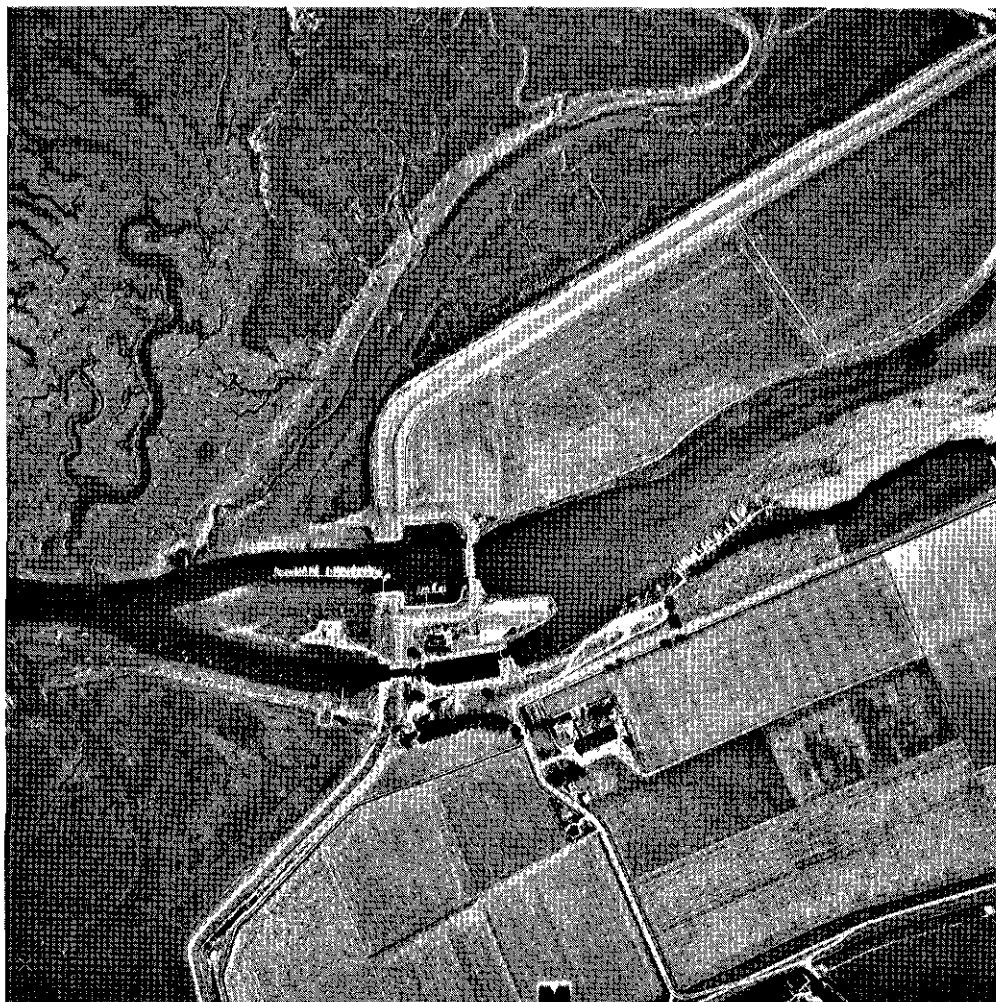
Andere oorzaken van verzoeting bevinden zich in het Oosterscheldebekken zelf; voornamelijk de Volkeraksluizen en de Brabantse riviertjes de Mark en Dintel, Roosendaalse en Steenbergse Vliet en Zoom. Naast neerslag en polderwaterlozingen veroorzaken zij de grootste verzoeting in het Krammer/Volkerak. Bij de huidige kleine spuidebiëten van de Volkeraksluizen is de

Oestervissen

Schut- en spuisluis aan de
Rosendaalse en Steenbergse
Vliet

invloed daarvan in de mond van de Oosterschelde nog nauwelijks merkbaar. Mede door de morfologie van het Oosterscheldebekken is het uitwisselingspercentage van het kustwater met het Oosterscheldewater gering: zo'n 2 à 4% per getij. De verversingstijd van het water in het bekken is dan ook vrij groot, enkele maanden. Met name in de kom van de Oosterschelde ontstond daardoor een eigen zoutwaterkarakteristiek.

Bij aanhoudende matige noordwestenwind kunnen zoete watermassa's uit het noorden naar de Brouwersdam en de mond van de Oosterschelde gedreven worden. Bij hoge afvoeren van de Rijn veroorzaakt dit de grootste fluctuaties in het chloridegehalte. Deze schommelingen zijn echter van korte duur, hooguit enkele weken, en hebben geen grote invloed op het chloridegehalte in het Oosterscheldebekken.



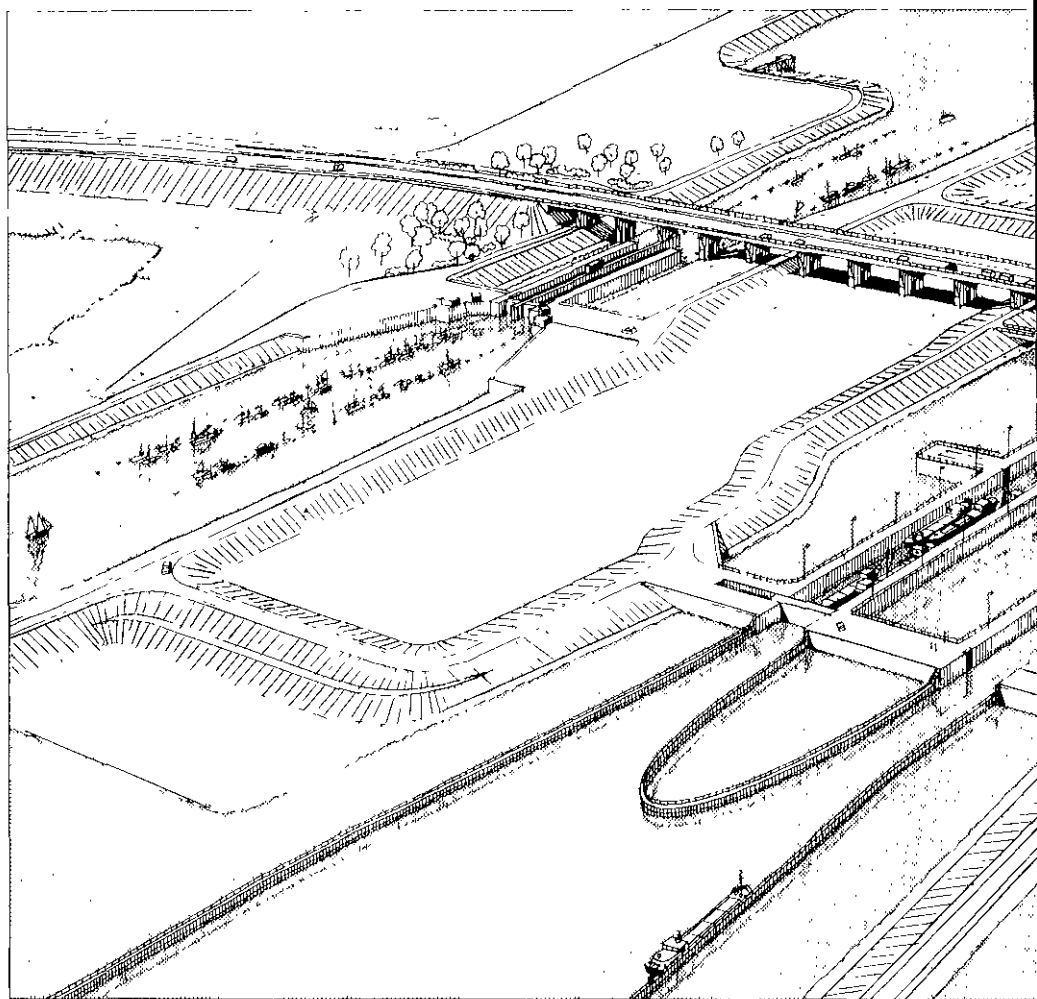
Het is echter wel belangrijk er rekening mee te houden bij het inlaten van kustwater in het Grevelingenmeer via de sluis in de Brouwersdam. De diversiteit van de levensgemeenschap is in het kustwater wat lager dan in de Oosterschelde als gevolg van grotere instabiliteit, lagere helderheid en lagere temperatuur. De Oosterschelde fungeert bijvoorbeeld als kinderkamer voor soorten als schol en tong, die voor de kust hun paaiplaatsen hebben.

Gedurende de hoge afvoeren van de Rijn in het voorjaar van 1978 zijn een aantal metingen uitgevoerd langs de kust. Hierdoor kan een beter inzicht worden verkregen in de verspreiding van het Rijnwater en de indringing ervan in de Oosterschelde. Het verloop van het chloridegehalte langs de kust wordt sinds enkele jaren gevolgd door middel van dagelijkse monsternamen bij hoog- en laagwater op een aantal

plaatsen vanaf het strand. Met behulp van deze waarnemingen kan langs statistische weg een verband gevonden worden tussen het chloridegehalte en de verschillende factoren die het beïnvloeden. Er is inmiddels permanent registrerende meetapparatuur geïnstalleerd in een aantal lokaties voor de kust.

De gezamenlijke oppervlakte van de polders die rechtstreeks op het Veerse Meer lozen bedraagt bijna 16 000 ha, de oppervlakte van de buitendijkse gebieden niet inbegrepen. Ongeveer 15 200 ha wordt bemalen; de overige gebieden, zo'n 750 ha, lozen via uitwateringssluizen.

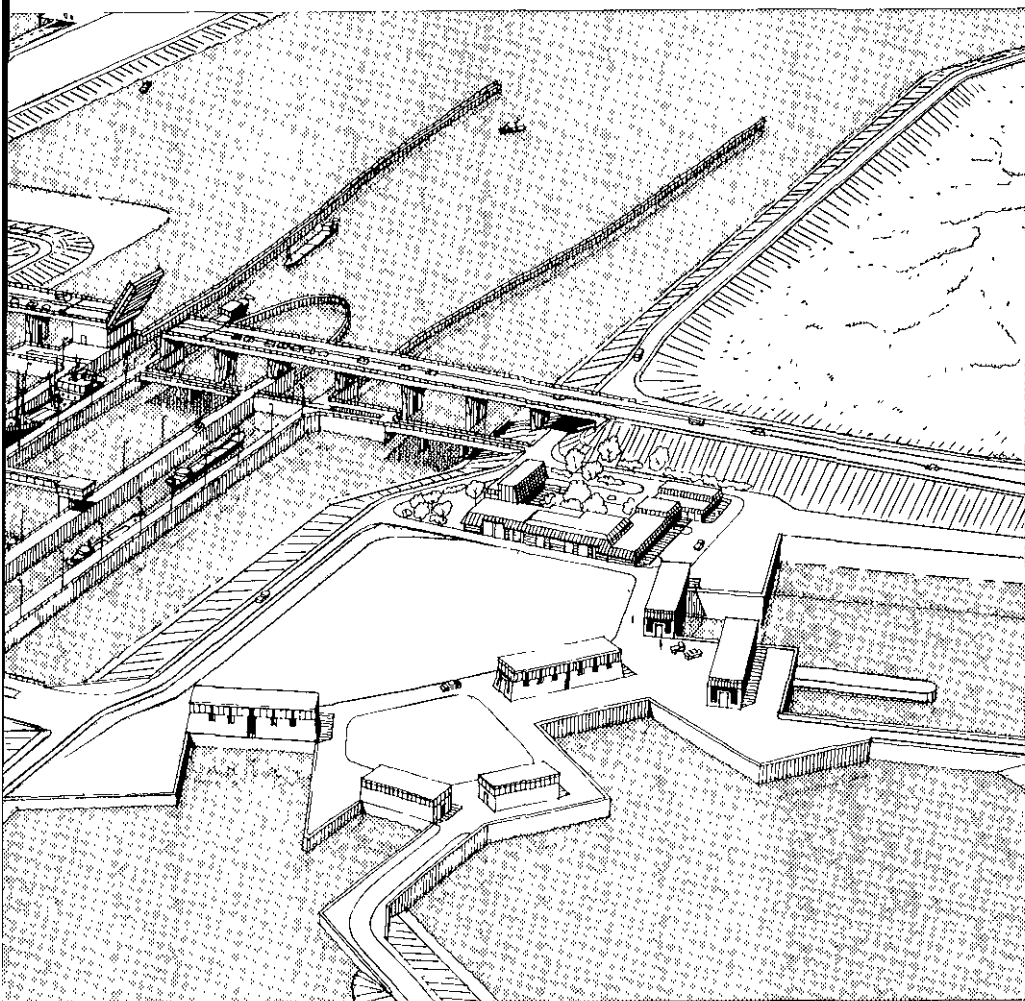
Sinds 1961 kent het Veerse Meer een waterhuishoudkundig systeem van ontvangen, bufferen en spuien. Dat wil zeggen, het water van de omliggende belastingsbronnen, inclusief neerslag, wordt continu ontvangen, in variërende hoe-



veelheden. Dit water wordt gebufferd en in een discontinu proces gespuid, afhankelijk van het getij op de Oosterschelde.

Spuien geschiedt via de schutsluis in de Zandkreekdam, die daarvoor tevens als spuisluis is ingericht. Deze sluis kan overtollig water spuien op de Oosterschelde en water inlaten op het Veerse Meer. Voorlopig geldt op het Veerse Meer tussen april en september of oktober een zomerpeil van N.A.P. en overigens een winterpeil van $-0,70$ m. Met het hoge zomerpeil wordt beoogd de grondwaterstand van de omliggende gebieden en aangrenzende landbouwgronden te verhogen, ten gerieve van de landbouw; het lage winterpeil moet voldoende lozingsmogelijkheden creëren voor deze gronden in het natte seizoen. Dit waterhuishoudkundig systeem was eigenlijk bedoeld als overgangssituatie, tot 1978. Daarna zouden immers, vol-

Fig. 3. De toekomstige schutsluizen in de Philipsdam



gens het 'oude' Deltaplan, de Zeeuwse wateren worden afgesloten, zodat een zoet Zeeuws Meer zou ontstaan.

Door de regeringsbeslissingen om de Oosterschelde vóór 1986 met een stormvloedkering af te sluiten, waarbij op de Oosterschelde een gedempt getij wordt gehandhaafd, is de toestand in de toekomst echter drastisch veranderd. De vraag rijst of en zo ja hoe en wanneer het waterhuishoudkundig systeem van het Veerse Meer aan de nieuwe gegevens moet worden aangepast. Het Veerse Meer dient onder meer als beroepsvaarwater, als boezemwater, als recreatiegebied, als natuurgebied en als viswater ten behoeve van de beroepsvisserij. Elk van deze functies staat overigens in relatie tot de waterhuishouding van het Veerse Meer.

In de huidige overgangstoestand, tussen de vorming van het Veerse Meer in 1961 en de definitieve eindsituatie na 1985, doen zich enkele problemen voor: de Zandkreeksluis wordt nu gebruikt als scheepvaartsluis en als spuisluis; tijdens het spuien kan niet worden gesloten en tijdens het sluiten kan niet worden gespuid, waardoor soms óf de scheepvaart óf het spuien wordt belemmerd. Het peil is niet voldoende regelbaar, terwijl het meer een zomer- en winterpeil kent, hetgeen nadelig is voor de oeverlevensgemeenschap en hinderlijk voor de recreatievaart. Ook is het chloridegehalte niet constant, als gevolg van het opzetten en verlagen van het peil in voor- en najaar; grote hoeveelheden polderwater, neerslag en lek- en schutwater komen vanuit het Kanaal door Walcheren op het naar verhouding kleine Veerse Meer terecht. Deze variaties in het chloridegehalte zijn nadelig voor de levensgemeenschap in het water.

Niet zonder belang is daarbij het feit, dat de spui capaciteit van de Zandkreeksluis als gevolg van de vermindering van het getijverschil op de Oosterschelde in 1985 gemiddeld met 25% zal afnemen.

Om deze nadelige effecten in meerdere of mindere mate tegen te gaan kunnen verschillende maatregelen worden bedacht, zoals het vergroten van de spui capaciteit van de Zandkreeksluis, het bouwen van gemalen voor de polders die nog vrij lozen, lozing op het Kanaal door Walcheren via een te stichten gemaal bij Veere en het bouwen van een doorlaatsluis in de Zandkreekdijk en/of de Veerse-Gatdam. Naar de aard en de zin van de te nemen maatregelen zullen nog nadere studies worden verricht.

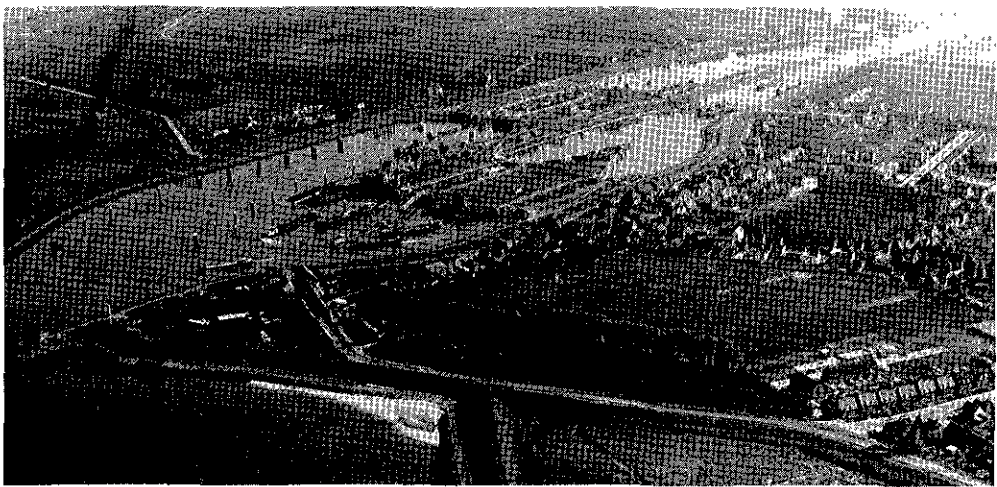
Voor het waterhuishoudkundig functioneren van het Grevelingenmeer kan allereerst worden verwezen naar het artikel 'Een tijdelijk doorlaatsluis in de Grevelingendijk' in Bericht 85 (augustus 1978). Daar wordt onder meer gewezen

op de mogelijkheid om met de spui-inlaatsluis in de Brouwersdam selectief water in te laten in en te lozen uit het Grevelingenmeer. Hiermee wordt een verbetering bereikt met betrekking tot de peilregeling, het chloridegehalte, het minimaliseren van de import van voedingsstoffen en het maximaliseren van de import van gewenste levenskiemen. Toch zal de gewenste waterkwaliteit zonder verdere doorspoelmogelijkheid via een doorlaatsluis in de Grevelingendijk niet altijd kunnen worden gehandhaafd. Op het Grevelingenmeer lozen vijf polders water met een gemiddeld chloridegehalte van 3,5 gram per liter. In het oostelijk deel van het Grevelingenmeer wordt het polderwater van in totaal 3375 ha geloosd; in het westelijk deel varieert de omvang van de uitslag van 5380 ha tot 10750 ha, afhankelijk van de verdeling van de afvoer, naar Grevelingen of Oosterschelde.

Door de aanleg van de Philipsdam en de Oosterdijk zal een deel van de Oosterschelde worden onttrokken aan de invloed van het getij. Dit gebied is van oudsher een overgangsgebied geweest tussen zout en zoet water. Door de compartimentering wordt de overgangszone in westelijke richting verplaatst, en tevens aanmerkelijk versmald. Oostelijk van deze dammen ontstaat een meer, dat we gemakshalve voorlopig het Zoommeer noemen, dat in het belang van de waterhuishouding moet verzoeten. Het Zoommeer zal zoet water leveren voor de land- en tuinbouw van de omliggende gebieden, en tevens een einde maken aan de zoutindringing vanuit de Volkeraksluizen op het Hollands Diep-Haringvliet.

De waterhuishouding op het toekomstige Zoommeer wordt beïnvloed door de polderwaterlozingen van Tholen, Flakkee en Westelijk Noord-Brabant. Daarnaast monden een paar Brabantse riviertjes uit in het Zoommeer. Door dat de aanvoer van water uit de polders en de riviertjes meestentijds kleiner is dan de onttrekkingen aan het meer door onder andere de schutsluizen in de compartimenteringsdammen, moet voor het peilbeheer water vanuit het Haringvliet worden ingelaten.

Welke peilvariaties op het Zoommeer toelaatbaar zijn, houdt verband met de verschillende belangen, zoals scheepvaart, afwatering en recreatie. Deze belangen zijn het meest gediend met een zo constant mogelijk peil, dat ligt tussen N.A.P. + 0,25 m en N.A.P. - 0,25 m. Nadere studie zal moeten leiden tot een juiste bepaling van het streefpeil. Slechts in extreme omstandigheden, als langdurige droogte en perioden van wateroverlast, zal het streefpeil mogen worden onder- dan wel overschreden tot de in het Tractaat met België genoemde uiterste waterstanden. Om het toegestane maximum-

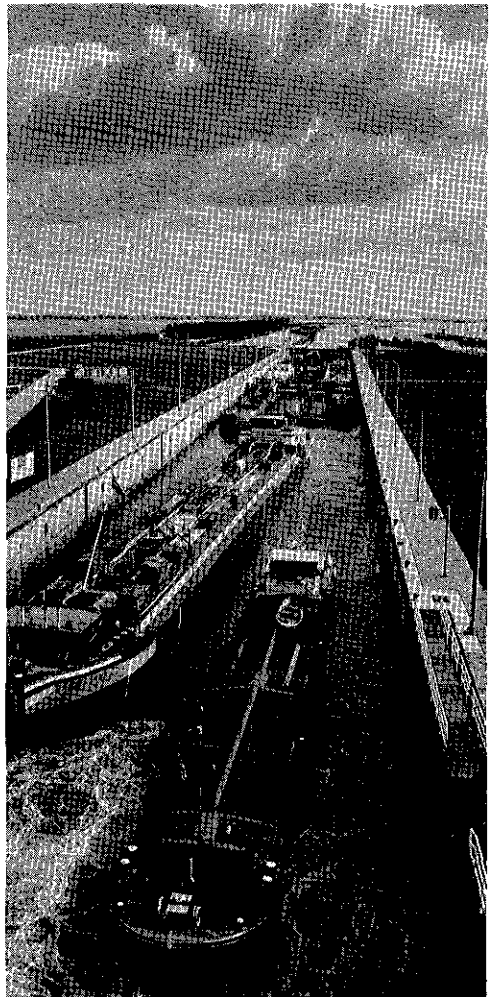


Kanaal door Zuid-Beveland

Volkeraksluis

peil niet te overschrijden en het streefpeil zo nauwkeurig mogelijk te handhaven is geadviseerd een spuikanaal met een capaciteit van 100 m³/sec aan te leggen, dat bij Bath zal uitmonden in de Westerschelde. Hiermee wordt tevens een instrument verkregen voor het voeren van kwaliteitsbeheer.

De beheersing van de waterkwaliteit van het Zoommeer zal zich in eerste instantie toespitsen op het zout- en het chlorofylgehalte. Hoewel de nieuwe scheepvaartsluizen die in de compartimenteringsdammen worden aangelegd, zullen worden uitgerust met een systeem om zout en zoet water te scheiden, zal toch een beperkte hoeveelheid zout water op het Zoommeer doordringen en een hoeveelheid zoet water afstromen naar de Oosterschelde. Deze zoutbelasting bepaalt in sterke mate het chloridegehalte op het Zoommeer. Verder vormen de polderwater-



lozingen een onregelmatige zoutbron. Tenslotte komt er nog zout binnen met de kwel onder de compartimenteringsdammen door. Door deze gezamenlijke zoutbelasting zal het chloridegehalte op het Zoommeer tamelijk hoge gemiddelde waarden bereiken, van 0,3 tot 0,6 gram per liter. In het zuidelijk deel van het Zoommeer zullen de gehalten hoger zijn dan in het noordelijk deel. Voor een zoetwaterlevensgemeenschap en ten behoeve van de watervoorziening voor land- en tuinbouw is dit gehalte aan de hoge kant. Ook voor de eventuele aanleg van een drinkwaterbekken, zoals in het Struktuurschema Drink- en Industrierwater is overwogen, is het zoutgehalte van belang.

Door water in te laten uit het Haringvliet en elders eenzelfde hoeveelheid water te lozen kan men een doorspoeling verkrijgen, waardoor het chloridegehalte kan worden verlaagd. De omvang van de doorspoeling hangt af van de optredende zoutbelasting en het gewenste chloridegehalte. Daarbij moet men wel bedenken dat naarmate het doorspoeldebiet toeneemt, het verlagende effect ervan op het chloridegehalte afneemt, zodat doorspoeldebieten groter dan 100 à 150 m³/sec zelden nog een verlagend effect hebben op het zout. Een nadeel van het doorspoelen is, dat Rijn- en Maaswater wordt toegevoerd met de daaraan verbonden belasting met nutriënten en toxische stoffen. Een bijeffect van de doorspoeling zal dan ook eutrofiëring zijn, met als mogelijk gevolg algenbloei. Dit kan een bedreiging voor de levensgemeenschap in het water betekenen, omdat het hier – in zoet water – naar alle waarschijnlijkheid om blauwwieren zal gaan, die giftige eigenschappen kunnen hebben.

Maatregelen tegen deze bloei zijn er wel: biologische bestrijding – met plankton etende vissen bijvoorbeeld –, defosfatering van belastend water of versterkte doorspoeling via het aan te leggen spuikanaal naar de Westerschelde. Ook kan men zich voorstellen, dat via subcompartimentering, net als door de omkading van het Markiezaat van Bergen op Zoom, de waterkwaliteit althans plaatselijk beter is te beheersen.

Vanouds is de waterkwaliteit en met name het zoutgehalte van de Westerschelde afhankelijk geweest van de Schelde-afvoer. In de perioden van grote afvoeren wordt de zoutgrens zee-wards gedrongen; bij geringe afvoeren beweegt hij zich landinwaarts. De voor het milieu van de Westerschelde zo belangrijke grens van 13 gram zout per liter ligt bij een gemiddelde afvoer van de Schelde tussen Terneuzen en Ossensisse. De gemiddelde Schelde-afvoer bedraagt benedenstrooms van Antwerpen 70 m³/sec.

Na de vorming van het Zoommeer zal door het zout/zoet scheidingssysteem van de Kreekraksluizen per seconde gemiddeld 20 m³ zoet water via de Schelde-Rijnverbinding naar het Antwerpse havenbekken stromen. Van daaruit zal het worden geloosd op de rivier de Schelde. De afvoer van de Schelde neemt daardoor in feite toe met 20 m³/sec.

In 1985 zal het spuikanaal van het Zoommeer bij Bath uitmonden op de Westerschelde, die daardoor periodiek naast de Schelde-afvoer een extra hoeveelheid zoet water ontvangt. De waterkwaliteit en vooral het chloridegehalte zal daardoor worden beïnvloed, naarmate het lozingsdebiet toeneemt.

De omvang van het lozingsdebiet is afhankelijk van de heersende en de gewenste waterkwaliteit op het Zoommeer en van de grootte van de wateroverlast.

Door de lozingen van zoet water op de Westerschelde zal de zoutgradiënt in dit estuarium een ander verloop krijgen. In de omgeving van Bath, waar de lozingen zullen plaatsvinden, zal de daling van het chloridegehalte het grootst zijn; onder gemiddelde omstandigheden kan ze 1 à 2 gram per liter bedragen. In zee-wards richting zal de daling afnemen; zo bedraagt de vermindering ter hoogte van Terneuzen nog maar 0,4 à 0,9 gram per liter, waardoor de grens van 13 gram zout per liter ongeveer ter hoogte van Terneuzen komt te liggen. In de wintermaanden zal deze grens door de dan optredende Schelde-afvoeren – het gemiddelde is dan 100 m³/sec – in zee-wards richting verschuiven over een afstand van enkele kilometers.

Een en ander zal invloed kunnen hebben op de levensgemeenschap. De Westerschelde is reeds thans een estuarium met een gradiënt in de gehalten van chloride en andere stoffen.

De levensgemeenschap in de buurt van de toekomstige uitmonding van het spuikanaal is minder rijk in diversiteit dan die in de monding.

Hierbij speelt de vervuilingsgraad een rol, naast het feit, dat het zoutgehalte in de monding een hoger niveau heeft, met minder schommelingen. De levensgemeenschap nabij de uitmonding van het spuikanaal zal daardoor relatief minder te lijden hebben, dan die in de mond van de Westerschelde. Afgezien van het chloridegehalte zal het water dat vanuit het Zoommeer op de Westerschelde wordt geloosd van nagenoeg dezelfde kwaliteit zijn als dat in het Haringvliet. De waterkwaliteit van de Westerschelde in de omgeving van Bath is in alle opzichten slechter, zodat er geen ongunstige invloed van het spuiwater is te verwachten. Indien echter de algengroei in het Zoommeer sterk toeneemt, bestaat de kans dat door lozing van algen en de biologische afbraak van

de afgestorven algenmassa's het zuurstofgehalte op de Westerschelde tijdelijk zal afnemen.

De zoetwaterbelasting op de Oosterschelde

De Oosterschelde wordt op verschillende plaatsen en op verschillende wijzen belast met water van een andere kwaliteit en samenstelling dan dat van de Oosterschelde zelf. Juist vanwege deze afwijking in kwaliteit en samenstelling spreekt men over een belasting, omdat een en ander verstoring kan werken. Naar aard en plaats kan een aantal belastingbronnen worden onderscheiden: neerslag en verdamping, polderwaterlozingen, belasting door schutwater uit het Veerse Meer en uit het Grevelingenmeer, belasting via de sluizen in de compartimenteringsdammen en via het Kanaal door Zuid-Beveland.

Neerslag komt op verschillende wijzen in een bekken terecht: als directe neerslag op het open water, als afstromend water van buitendijkse gronden en via polderwaterlozingen. Gemiddeld valt er per jaar in het Deltagebied 725 mm neerslag. Een groot gedeelte van deze neerslag verdampt ook weer, 's zomers zelfs méér dan er valt. In een normaal jaar bedraagt het neerslagoverschot op de Oosterschelde gemiddeld 0,2 m³/sec. In een natte maand kan dit oplopen tot 20 m³/sec, terwijl het neerslagtekort in een droge maand 16 m³/sec kan bedragen.

Polderlozingen vormen plaatselijke belastingen, dit in tegenstelling tot de neerslag die regelmatig verdeeld voorkomt.

Polderwater en neerslag hebben een verschillende samenstelling. In de polder vinden diverse verontreinigingen plaats; ook wordt het water gemengd met kwelwater.

In de zomer, als er weinig of geen verdunning met regenwater plaatsvindt, kan het zoutgehalte van het water van sommige polders soms stijgen tot waarden van 18 g/l, gelijk aan het chloridegehalte van zeewater. Dit zijn echter uitzonderingen, die alleen in uitzonderlijke droge perioden voorkomen, zoals de zomer van 1976. Gewoonlijk is het polderwater brak, waardoor het bij lozing op het zoute bekken een verlaging van het chloridegehalte zal veroorzaken. Thans wordt gemiddeld over het jaar 18,2 m³/sec polderwater en rivierwater op de Oosterschelde geloosd. *Omgerekend is dit hetzelfde als een belasting met zoet water van 16,4 m³/sec.* Na de compartimentering zullen deze hoeveelheden respectievelijk 3,4 en 2,4 m³/sec bedragen. Vanzelfsprekend wordt in droge perioden door de polders niets, of slechts weinig geloosd. Daarentegen kan de hoeveelheid geloosd water in natte perioden toenemen tot 15 m³/sec, het-

geen overeenkomt met een zoetwaterbelasting van 13 m³/sec.

In de kom van de Oosterschelde, waar weinig uitwisseling is, kan dit problemen opleveren. Voor zover het gaat om nog te bouwen gemalen zal onderzocht moeten worden of de ontworpen plaats voor lozing toelaatbaar is, en of er eventueel een alternatief is.

Door de afwijkende hoedanigheid van zijn water vormt het Veerse Meer een belastingbron voor de Oosterschelde. Ter wille van de eenvoud kan men het zo beschouwen dat alle belastingbronnen op het Veerse Meer geconcentreerd lozen via één punt: de Zandkreeksluis.

Tabel 1 geeft een overzicht van de hoeveelheden water die in de periode 1974-1977 zijn gespuid uit- en ingelaten in het Veerse Meer.

tabel 1

	gespuid (miljoen m ³)	ingelaten (miljoen m ³)
1974	174,3	6,8
1975	154,6	1,4
1976	94,0	9,6
1977	119,3	4,0

De gemiddelde hoeveelheid water die vanuit het Veerse Meer op de Oosterschelde werd gespuid bedroeg in de periode 1974-1977 4,3 m³/sec; omgerekend naar zoet water is dat 1,6 m³/sec. Bij verlaging van het zomerpeil naar het winterpeil wordt in korte tijd 13 à 14 miljoen m³ water extra gespuid. Bij de gehanteerde spuiperiodes in de laatste jaren betekent dit een lozing van 9 m³/sec gemiddeld over de spuiperiode van twee-en een halve week. Dit debiet komt overeen met een zoetwaterbelasting van 3,4 m³/sec.

De gemiddelde hoeveelheid water die vanaf het Grevelingenmeer op het Zijpe werd gespuid in de periode 1974-1977 bedroeg ruim 2 m³ per sec. In de natte periode november-december 1974 was dit evenwel niet minder dan 12 m³ per sec. Door het betrekkelijke geringe verschil in de zoutgehalten van de Oosterschelde en het Grevelingenmeer hebben deze lozingen een geringe betekenis als zoetwaterbelasting. Zo komt de lozing van de natte periode van 1974 overeen met een zoetwaterlast van 1 m³/sec.

Tot het voorjaar van 1978 kon er ten behoeve van de peilbeheersing alleen geloosd worden via de schutsluis in de Grevelingendam. Na het gereedkomen van de doorlaatsluis in de Brouwersdam is het mogelijk in die richting te lozen.

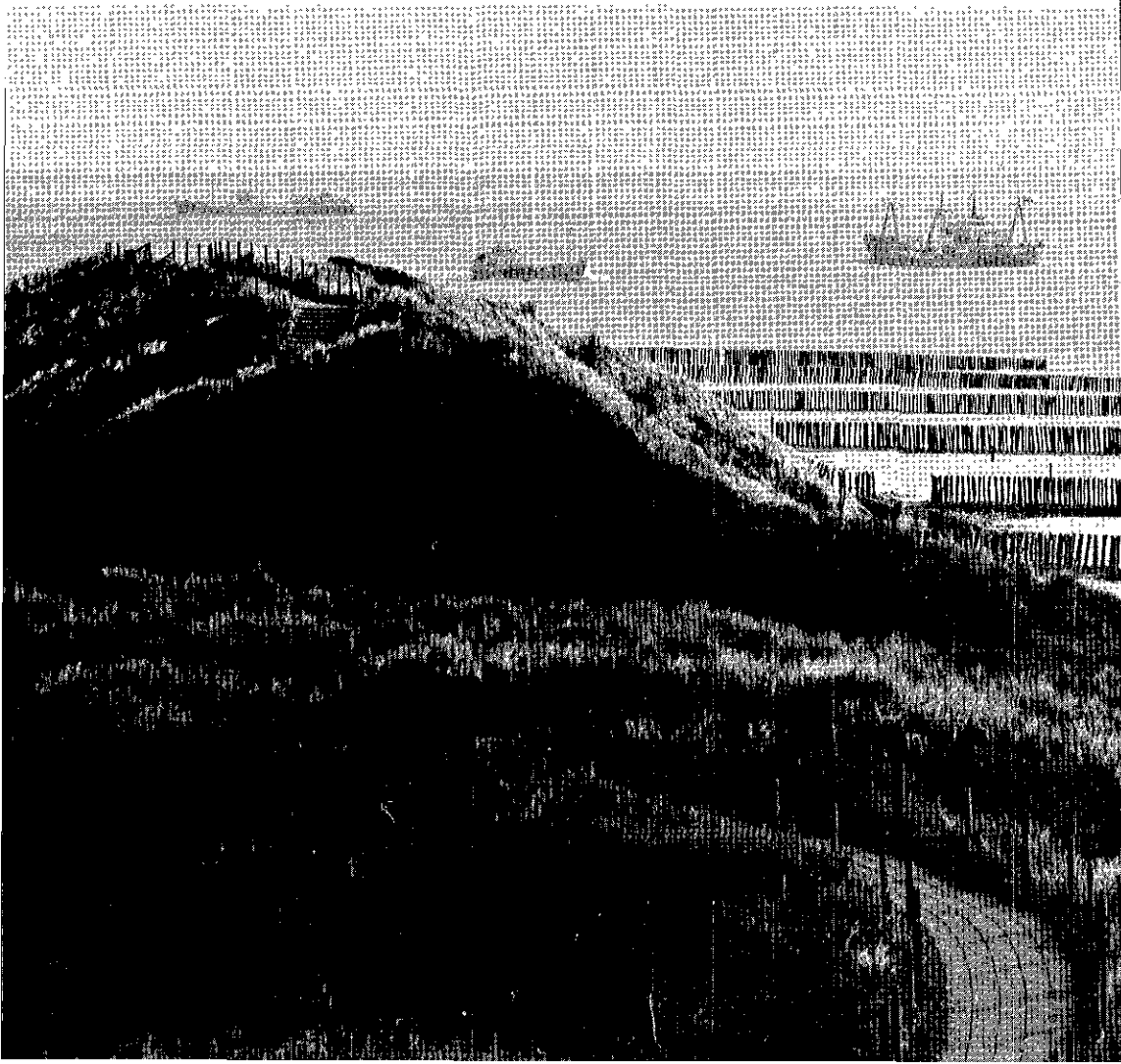
Tabel 2 geeft een overzicht van de hoeveelheden water, die in de periode 1974-1977 zijn gespuid uit- en ingelaten in het Grevelingenmeer.

tabel 2

	gespuid (miljoen m ³)	ingelaten (miljoen m ³)
1974	99,5	26,7
1975	69,5	19,8
1976	15,3	41,1
1977	87,6	10,3

Bij de Philipsdam en de Oesterdam zou het gebruik van conventionele sluistypen leiden tot hoge zoutbelastingen op het Zoommeer, maar eveneens tot een hoge zoetwaterlast op de Oos-

Westerschelde



terschelde. Door de schutsluizen te voorzien van een systeem om zout en zoet water te scheiden worden beide belastingen aanzienlijk gereduceerd. Uit resultaten van modelproeven blijkt dat via de beide duwvaartsluizen in de Philipsdam per seconde toch nog $13,5 \text{ m}^3$ zoet water op de Oosterschelde wordt geloosd, en via de jachtsluis in de Philipsdam nog eens $0,4 \text{ m}^3$. Bij de duwvaartsluizen is in het zout-zoet scheidingssysteem de mogelijkheid opgenomen een gedeelte van het afstromende zoete schutwater terug te voeren naar het Zoommeer. De zoetwaterbelasting zal daardoor gereduceerd kunnen worden tot 7 m^3 per seconde. De zoetbelasting op de voor het milieu en de visserij zo belangrijke kom van de Oosterschelde zal tamelijk beperkt blijven omdat in de Oesterdam een scheepvaartsluis wordt gebouwd met kleinere afmetingen dan de sluizen in de Philipsdam. De uitwisseling van zout en zoet water zal daardoor al aanzienlijk worden verminderd. Daarnaast zal het zout-zoet scheidingssysteem zo worden uitgevoerd dat het grootste deel van het zoete schutwater weer wordt teruggevoerd naar het Zoommeer.

De zoetwaterbelasting die deze sluis op de Oosterschelde veroorzaakt, zal waarschijnlijk minder zijn dan $0,2 \text{ m}^3$ per seconde.

Bij de verbetering van het Kanaal door Zuid-Beveland zal de sluis bij Wemeldinge komen te vervallen, zodat de getijbeweging van de Oosterschelde op het Kanaal doordringt. Door het fase-verschil van het getij en het dichtheidsverschil van het water van Ooster- en Westerschelde zal de resulterende stroom noordwaarts gericht zijn. Het resulterende debiet zal niet meer dan $7 \text{ m}^3/\text{sec}$ bedragen, hetgeen overeenkomt met een zoetwaterbelasting van $5 \text{ m}^3/\text{sec}$. De totale hoeveelheid op de Oosterschelde aangevoerd water bedraagt nu in een normaal jaar $50 \text{ m}^3/\text{sec}$, overeenkomend met een zoetwaterbelasting van $44 \text{ m}^3/\text{sec}$. In droge perioden wordt altijd nog $25 \text{ m}^3/\text{sec}$ zoet water aangevoerd. In natte perioden bedraagt de totale aanvoer $112 \text{ m}^3/\text{sec}$, hetgeen overeenkomt met een zoetwaterbelasting van $96 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Door de compartimentering en de toepassing van geavanceerde zout-zoetscheidingssystemen wordt de zoetwaterbelasting op de Oosterschelde wel belangrijk anders (fig. 4). Zo zal in een normaal jaar de totale zoetwaterbelasting $22 \text{ m}^3/\text{sec}$ bedragen. In droge perioden zal dat dalen tot $18 \text{ m}^3/\text{sec}$, in natte perioden kan een stijging tot $54 \text{ m}^3/\text{sec}$ voorkomen. De zoetwaterbelasting zal dus ten opzichte van de tegenwoordige aanmerkelijk dalen. Wel vindt in de toekomst de zoetwaterlozing meer direct op de Oosterschelde plaats, omdat in de huidige situatie het Volkerak en Krammer als overgangs-

zone functioneren; in de toekomstige situatie blijft dit tot het Zijpe beperkt.

Menging van zoet water in een zout estuarium

De menging van zout en zoet water in een estuarium wordt voornamelijk beheerst door de getijbeweging, de geometrie van het estuarium en de toevoer van zoet water. Om inzicht te krijgen in de mengingsmechanismen en het resultaat daarvan voor de Oosterschelde, staan verschillende middelen ter beschikking: *natuurmetingen*, simulatieproeven met hydraulische of wiskundige modellen en principe-onderzoek.

Een belangrijk deel van het gezochte inzicht in de invloed van de toevoer van zoet water op de menging kan voor de huidige situatie verkregen worden uit natuurwaarnemingen. Voor het bestuderen van de invloed van toekomstige wijzigingen in de getijparameters en de geometrie is men in sterke mate aangewezen op model- of principe-onderzoek. Bij modelonderzoek worden die situaties, waarover men informatie wil verkrijgen zo gedetailleerd mogelijk nagebootst. Maar modelonderzoek heeft zijn beperkingen. Bij het hydraulische model M1000 ligt de beperking voornamelijk in het feit dat er geen proeven gedaan kunnen worden met zout water, zodat menging ten gevolge van dichtheidsverschillen niet kan worden nagebootst. Bij het wiskundige model Randdelta II ligt een belangrijke beperking in het feit dat de werkelijkheid niet voldoende gedetailleerd kan worden weergegeven, vooral niet omdat van alle grootheden, zoals snelheid en concentratie, alleen de over de diepte gemiddelde waarde in het model kan worden ingevoerd.

Bij principe-onderzoek wordt getracht de werkelijkheid zo te vereenvoudigen, dat alleen de meest werkelijke kenmerken overblijven. Ook dit onderzoek kan uitgevoerd worden aan de hand van zowel hydraulische als wiskundige modellen. De resultaten van het principe-onderzoek hebben over het algemeen een meer kwantitatief karakter. De huidige prognoses voor de zoutverdeling in de Oosterschelde tijdens en na de aanleg van de stormvloedkering en van de compartimenteringsdammen zijn voornamelijk op principe-onderzoek gebaseerd. Dit is gedaan door afzonderlijk de processen te bestuderen waarvan men veronderstelt dat ze de belangrijkste rol spelen bij de menging van zout en zoet water in het Oosterscheldebekken en door na te gaan hoe deze processen beïnvloed worden door verandering in de getijparameters en de vorm van het bekken.

Uit het onderzoek blijkt dat het chloridegehalte in de Oosterschelde – bij gelijkblijvende toevoer van zoet water – ten gevolge van de compart-

mentering en de aanleg van de stormvloedkering zou dalen.

Zoals hiervoor is gebleken, zal de zoetwaterbelasting op de Oosterschelde in feite echter afnemen, met name door de scheidingssystemen van zout en zoet water bij de sluisen in de compartimenteringsdammen. Over de mogelijkheden om de gewenste chloridegehalten te handhaven handelt het laatste deel van dit artikel.

Gewenste chloridegehalten en mogelijkheden om die te handhaven

De grote verscheidenheid aan wateren in het Deltagebied en de normen die daarbij aan de waterkwaliteit worden gesteld, eisen een zorgvuldig gevoerd beheer. De middelen daarvoor zijn deels al aanwezig, deels moeten ze nog worden ontworpen en gebouwd. Gebruik ervan zal echter eerst na afweging van de voor- en nadelen op de verschillende bekkens plaatsvinden.

Uit vele publicaties over de hydrobiologie in het Deltagebied blijkt de overheersende rol van het chloridegehalte bij de bepaling van de samenstelling van de levensgemeenschap. *Andere literatuur bevestigt dit.* Remane heeft voor de Baltische Zee een kromme gevonden, die het verband aangeeft tussen het aantal soorten en het chloridegehalte (fig. 5). Hoewel deze grafiek niet in alle gebieden even goed toepasbaar is, kan men in het algemeen wel stellen dat in zout water een hoger chloridegehalte een hogere soortenrijkdom geeft. Uitgaande van de bestaande kennis kunnen voor een aantal gevallen richtlijnen worden gegeven. Zo blijkt uit 'Het rapport van de ad hoc werkgroep Oosterschelde', ('s-Gravenhage 1974) dat in de Oosterschelde een zoutgehalte van tenminste 15,5 gram chloride per liter noodzakelijk is om een optimale levensgemeenschap te kunnen garanderen. Voor de visserij is gemiddeld 13,9 gram chloride per liter optimaal, met maximale schommelingen van 2,8 gram; voor schelpdiercultures is minimaal 12,7 gram chloride per liter noodzakelijk. Het eerdergenoemde rapport van de ad hoc werkgroep bevat als voorlopige norm voor stagnante zoute meren: minstens 15 á 16 gram chloride per liter, in extreme gevallen tijdelijk 14 á 15 gram chloride per liter. Voor stagnante zoete meren dient het chloridegehalte minder dan 0,3 gram per liter te bedragen. Deze waarden zijn gebaseerd op de kromme van Remane en op ervaring in soortgelijke meren, voornamelijk waar het zoet water betreft. Het Veerse Meer en het Grevelingenmeer voldoen thans nog niet aan deze eisen. Van het Grevelingenmeer is één der hoofdbestemmingen natuurgebied. Als men dat wil na-

streven dient men voorzichtig te zijn met een dalend chloridegehalte, ook al lijkt het meer reeds thans een grote soortenrijkdom te bezitten.

Over de Westerschelde kan gezegd worden dat afwijkingen van de huidige zoutgehalten in het mondingsgebied sneller tot biologische veranderingen zullen leiden dan verder stroomopwaarts.

De stormvloedkering in de monding van de Oosterschelde dient vooral om extreem hoge stormvloed op de Oosterschelde uit te sluiten; maar de kering kan ook worden bediend ter voorkoming van of vermindering van de gevolgen van milieurampen.

Tijdens hoge stormvloed wordt de lozingscapaciteit van de poldergemalen thans beperkt. Meestal duurt dit vrij korte tijd, één à twee getijden. Het bergend vermogen van de polders is over het algemeen zo, dat tijdens de meeste stormvloed het water wel kan worden gebufterd. Van de zes gemalen die voor zover thans bekend na 1985 water op de Oosterschelde zullen uitslaan, zullen er vier bij een stagnant Oosterscheldepeil van N.A.P. + 0,5 m nog voldoende opvoerhoogte bezitten. Bij een stagnant peil van N.A.P. + 2 m heeft geen van de zes gemalen voldoende opvoercapaciteit. De vraag doet zich voor hoe lang de lozingen ten gevolge van het gebruik van de stormvloedkering zullen moeten worden gestremd. Op basis van tot nu toe uitgevoerde studies wordt verwacht, dat de problemen ten aanzien van de lozingscapaciteit na 1985 niet in aanzienlijke mate zullen toenemen. Wel zal het chloridegehalte van de Oosterschelde van invloed kunnen zijn op de omvang van de polderwaterlozingen en het gebruik van andere lozingsmiddelen naar de Oosterschelde tijdens korte perioden van schijngetij of stagnantie.

Het lijkt theoretisch mogelijk om bij een hoog chloridegehalte van het kustwater het lage zoutgehalte van het Oosterscheldewater te verhogen door bepaalde stromingen te creëren in de Oosterschelde, bijvoorbeeld door groepen schuiven van de stormvloedkering in de drie hoofdgeulen op verschillende wijze te bedienen. Deze beïnvloeding behoeft zich overigens niet te beperken tot alleen het chloridegehalte als waterkwaliteitsparameter.

Eerder werd de mogelijkheid aangeduid om de zoetwaterbelasting via de duwvaartsluisen in de Philipsdam te verminderen. Bij het beheer van de bekkens kan om tweeërlei redenen van deze mogelijkheid gebruik worden gemaakt. In de eerste plaats kan het waterverlies op het Zoommeer door het terugwinnen van een deel van het zoete schutwater worden beperkt. De noodzaak hiertoe kan zich voordoen in lange peri-

dat bekken bij aanhoudend terugwinnen zelfs zeer hoge waarden kunnen bereiken. Uit het oogpunt van kwaliteitsbeheer is dat natuurlijk ongewenst. Om dit te beperken zal het Zoommeer met water vanuit het Haringvliet moeten worden doorgespoeld. In een droge periode is hiervoor geen water beschikbaar. In langdurig droge perioden mag het middel van terugwinning dan ook niet worden toegepast. Dan zal via de Volkerak-luizen water moeten worden ingelaten om te voldoen aan de vraag van zoet water voor de landbouw en ook om het verbruik van de schutsluizen en de verdamping te compenseren. In het tweede geval zal naar alle waarschijnlijkheid voldoende doorspoelwater kunnen worden ingelaten, waarmee het chloridegehalte van het Zoommeer kan worden verlaagd. Met het doorspoelwater zal echter een aanzien-

lijke hoeveelheid verontreiniging op het Zoommeer worden gebracht. Het chloridegehalte en eventueel het chlorofylgehalte worden dan weliswaar verbeterd, doch andere kwaliteitsparameters kunnen er ongunstig door worden beïnvloed. Doordat het doorspoelwater geloosd wordt op de Westerschelde zal het zoutgehalte in dat estuarium eveneens negatief worden beïnvloed, temeer daar de doorspoeling in zulke gevallen grote debieten omvat. Uit dit alles blijkt dat bij de afweging of men al of niet zoet water wil terugwinnen, niet alleen de Oosterschelde en het Zoommeer, maar ook de Westerschelde betrokken dient te worden. Uit het voorgaande mag duidelijk zijn waarom een polderlozing soms als ongewenst wordt beschouwd. Blij het oorspronkelijke Deltaplan, waarbij alle getijstroom, behalve de Westerschelde en de Nieuwe Waterweg, zouden wor-

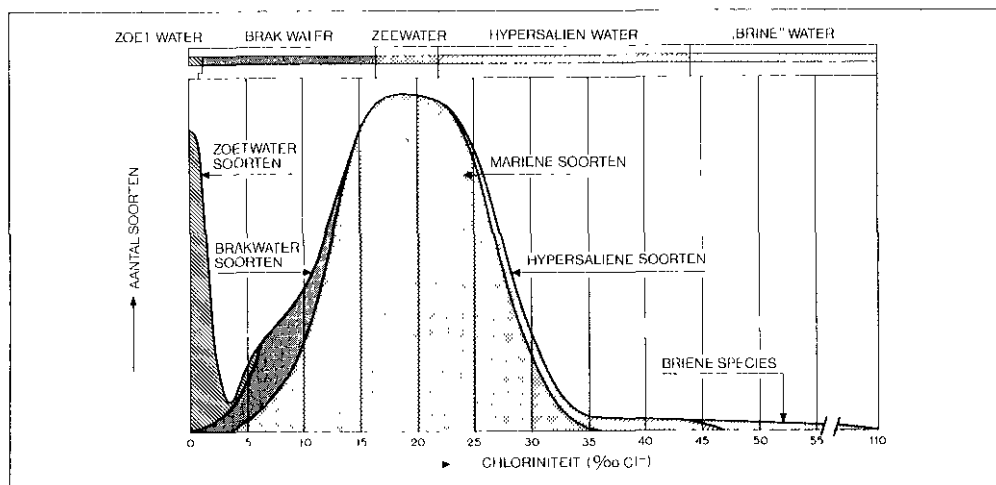


Fig. 5. De kromme van Remane

den afgesloten en verzoet, vormde het uitgeslagen brakke polderwater een belasting. In verband daarmee is ter gelegenheid van een ruilverkavelingsplan al een gemaal van de Oosterschelde naar de Westerschelde verplaatst. Voor de Oosterschelde – toen: het toekomstige Zeeuwse Meer – werd daarmee een belangrijke belastingbron geëlimineerd. Op het Veerse Meer zijn de polderlozingen echter nu nog een belangrijke oorzaak van het instabiele en brakke milieu. Bij het Grevelingenmeer is de oppervlakte van de erop afwaterende polders relatief klein. Daardoor speelt dit probleem daar in mindere mate. Bij het Zoommeer verkrijgt men volgens berekeningen een aanwijsbare verbetering van het zoutgehalte als sommige polderwaterlozingen ervan worden afgeleid. Voor de Oosterschelde geldt dat problemen zich het eerst zullen manifesteren in de achterste de-

len. Technisch is het in een aantal gevallen mogelijk een polderwaterlozing te verplaatsen. De vraag of deze werken al dan niet moeten worden uitgevoerd hangt af van de eisen die er ten aanzien van de waterkwaliteit van vooral het Veerse Meer gesteld gaan worden en van eventuele bezwaren van lozing direct op de Oosterschelde. Op het eiland Tholen loost een gemaal op het Zoommeer. Dit is ongewenst, in verband met het chloridegehalte van het Zoommeer. Daarom zou verplaatsing naar de zuidkant van Tholen gewenst zijn. Wel wordt het chloridegehalte van de kom van de Oosterschelde dan weer negatief beïnvloed. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen wat de beste oplossing is. Er zijn mogelijkheden om niet alleen het zoete Zoommeer, maar ook zoute bekkens als het Grevelingenmeer en het Veerse Meer, door te spoelen, mede ten behoeve van de waterkwaliteit van de Oosterschelde. Met betrekking tot het Grevelingenmeer werd aanvankelijk gezocht naar een manier om het chloridegehalte op het meer door het instellen van een spoelstroom te verhogen. Bij deze stu-

dies bleek dat door het instellen van een rondstroming via het Grevelingenmeer ook het chloridegehalte op de Oosterschelde gunstig kan worden beïnvloed, met name in het gedeelte Keeten-Mastgat-Zijpe.

Voor het rondspoelen via het Grevelingenmeer zijn in principe twee mogelijkheden beschikbaar. Door water vanuit het Zijpe in te laten via een doorlaatmiddel in de Grevelingendam en tegelijkertijd water te lozen via de doorlaatsluis in de Brouwersdam, kan een oost-west gerichte spoelstroom worden ingesteld. Door rondstroming in omgekeerde richting, te doen plaatsvinden van west naar oost, wordt kustwater rechtstreeks op het Grevelingenmeer gebracht. De kwantitatieve effecten van deze maatregelen op de waterkwaliteit zowel van de Oosterschelde als de omringende bekkens, dient nader te worden bestudeerd. Dit laatste geldt evenzeer voor een eventuele rondstroming van Oosterschelde naar Westerschelde. De mogelijkheden voor een actief kwaliteitsbeheer lijken echter in ieder geval aanwezig.

Op het Zoommeer wordt zoet water aangevoerd door neerslag, polderwaterlozingen en door de Brabantse rivieren Mark en Dintel, Roosendaalse en Steenbergse Vliet en Zoom. De omvang van deze aanvoer is sterk afhankelijk van de neerslagoverschotten in het afwateringsgebied; ze is daardoor het grootst in najaar en winter. De in de compartimenteringsdammen ontworpen schutsluizen worden voorzien van een zout/zoet scheidingssysteem om het zoetwaterverbruik uit het Zoommeer en de zoutwaterbelasting op het Zoommeer te beperken. Het schutstelsel kan het zoetwaterverbruik echter nooit geheel opheffen. Aan het Zoommeer wordt ook water onttrokken door de land- en tuinbouw en eventueel door de drinkwatervoorziening. De onttrekking door de scheepvaartsluizen is over 't hele jaar globaal genomen gelijk; die voor de land- en tuinbouw is seizoengebonden. Omdat aanvoer en onttrekking elkaar niet van nature in evenwicht houden, zijn voorzieningen voor het aanvoeren en lozen van water noodzakelijk. Voor de aanvoer is er de inlaatsluis in de Volkerakdam aan de noordkant; in het zuiden van het Zoommeer zal een lozingsmiddel naar de Westerschelde worden gebouwd. Dan zijn er voldoende mogelijkheden aanwezig om een goed peilbeheer te voeren. Rest nog de vaststelling van het peil. Wat dit betreft worden aan het Zoommeer vanuit verschillende belangen verschillende eisen en wensen gesteld. Over deze materie is kortelings een rapport verschenen, waarvan we de belangrijkste overwegingen en conclusies meedelen.

Voor de afwatering van het gebied van de Brabantse rivieren, die van oudsher onder natuurlijk verval lozen op het Volkerak, is N.A.P. het gunstigste peil op het Zoommeer. Natuurlijke afwatering blijft dan mogelijk en wel

zo dat in tijden van grote rivierafvoeren geen peilstijgingen op de rivieren hoeven op te treden die overstromingsgevaar meebrengen. Voor zover er aanpassingen aan de nieuwe waterloopkundige toestand in dit gebied zijn uitgevoerd of ontworpen, gaan die uit van vrije lozing van de rivieren, en dus van een Zoommeerpeil van omstreeks N.A.P.

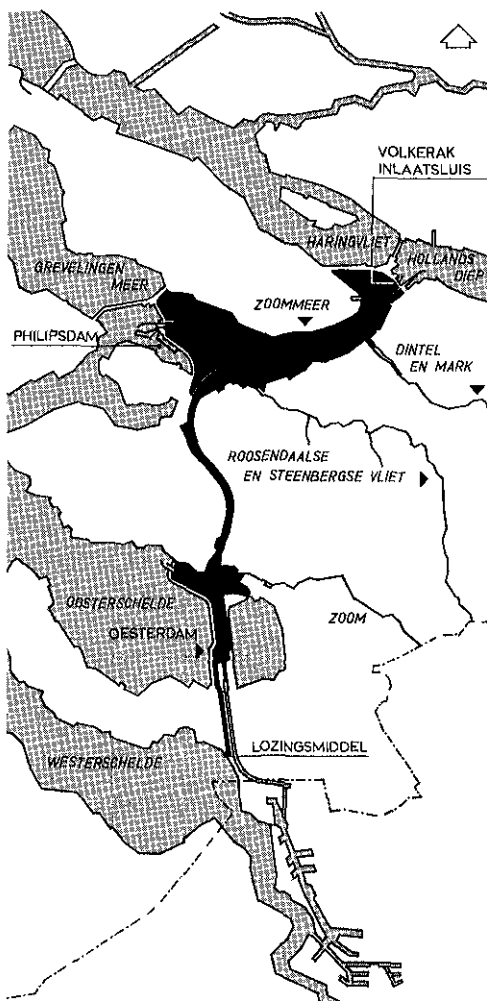
Wel is rekening gehouden met een hoogste waterstand van N.A.P. +0,50 m. In het begin van het groeiseizoen en het voorjaar is een peil gewenst dat ongeveer een decimeter beneden N.A.P. ligt, dit met het oog op de rietbermen die als overbescherming dienen langs Mark en Dintel. De belangen van de afwatering vinden steun in het advies van de Raad van de Waterstaat inzake de wijze van compartimentering. Daar wordt opgemerkt dat 'een zo nauwkeurige peilhandhaving op het Zoommeer op prijs wordt gesteld en wel zodanig, dat de natuurlijke afwatering van Noord-Brabant mogelijk blijft'.

Voor watervoorziening onder natuurlijk verval van aanliggende zoete bekkens – te denken valt aan het eventueel omkade Markiezaat van Bergen op Zoom en aan het Grevelingenmeer, wanneer dat zoet zou worden – dient het peil van het Zoommeer 10 à 20 cm hoger te zijn dan het peil van deze bekkens. Voor het Markiezaat is nog geen streefpeil bekend; het huidige streefpeil op het zoute Grevelingenmeer is N.A.P. -0,20 m. Ten behoeve van de waterinlaat naar het Zoommeer via de Volkerakinlaatsluis is een peil op het Zoommeer gewenst van N.A.P. +0,25 m of lager.

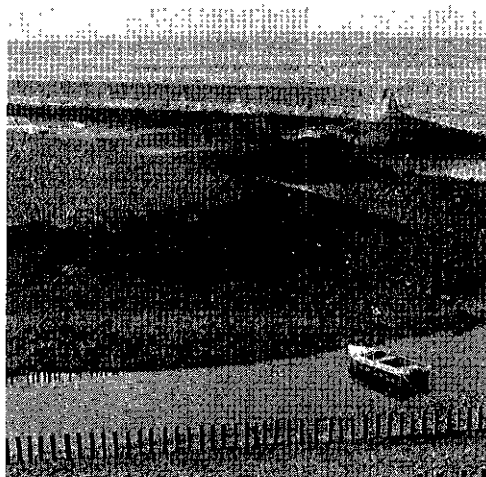
Land- en tuinbouw hebben belang bij de aanvoer van zoet water van het Zoommeer. Er dient water ingelaten te worden ter compensatie van onttrekkingen aan de polderwateren ten gevolge van infiltratie, beregening en verdamping en

voor doorspoeling van de polderwateren. Het Zoommeer is een onderdeel van de Schelde-Rijnverbinding; daarom worden aan het peil op het Zoommeer ook eisen gesteld die voortvloeien uit het Tractaat met België betreffende die vaarweg. Daarin is als maximumpeil N.A.P. + 0,50 m, en als minimumpeil N.A.P. - 1,00 m aangegeven, afwijkingen als gevolg van windinvloeden niet meegerekend. Wanneer na de uitvoering van de benodigde aanpassingswerken de Brabantse rivieren in open verbinding met het Zoommeer komen te staan, zal de bevaarbaarheid van de rivieren bij peillen beneden N.A.P. afnemen, maar als het moet kan men aan de mond natuurlijk de sluisen sluiten. De aanvoer van zoet water kan verdroging tegengaan. Dit zal resulteren in een opbrengstvermeerdering. Bij een meerpeil van N.A.P. - 0,50 m en hoger kan een gebied rond het Zoommeer van 54 000 ha van zoet water worden voorzien. Dat zijn dan de lagere gronden van West-Brabant ten westen van Breda, het oostelijk deel van Overflakke, St.-Philipsland, Tholen, een gebied tussen Woensdrecht en de Schelde-Rijnverbinding en een gedeelte van Zuid-Beveland ten westen van de Schelde-Rijnverbinding. In en rond het Zoommeer zijn in het 'Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening 1972' voor de lange termijn twee spaarbekkens geprojecteerd. Voor een spaarbekken zal geen onttrekking uit het Zoommeer plaatsvinden in perioden van watertekorten en/of hoge zoutgehalten. De studies inzake de mogelijkheid van spaarbekkens zijn nog niet zover gevorderd, dat bekend is of er ook eisen aan het peil van het Zoommeer uit voortvloeien. Het noordelijk deel van het Zoommeer zal gelegenheid kunnen bieden voor zowel oever- als

waterrecreatie. Een vast peil biedt hiervoor de beste kansen, ook al omdat voorzieningen voor recreatie, steigers bijvoorbeeld, eveneens gebaat zijn bij een vast peil. Het noordelijk deel van het meer is voorts een belangrijke vaarweg voor de beroepsvaart en vormt tevens de verbinderoute voor de recreatievaart tussen het noordelijk en zuidelijk Deltagebied. Het zuidelijk deel, met uitzondering van het Markiezaat, zal voornamelijk een scheepvaartroute zijn. Uit een oogpunt van verkeersveiligheid is daar geen waterrecreatie en recreatievaart gewenst. In het Markiezaatmeer is eventueel wel recreatie mogelijk. In grote delen van het Zoommeer kan men zich natuurgebieden denken, als de waterkwaliteit en het waterpeil daar in voldoende mate op kunnen worden afgestemd. De oever- en waterplantenvegetaties in het



Het Zoommeer met afwateringsgebied



Links: Uitwatering te Kattendijk-ke bij laag water

Rechts: Uitwatering van de Steenbergse Vliet

Beneden: De Steenbergse Vliet in West-Brabant

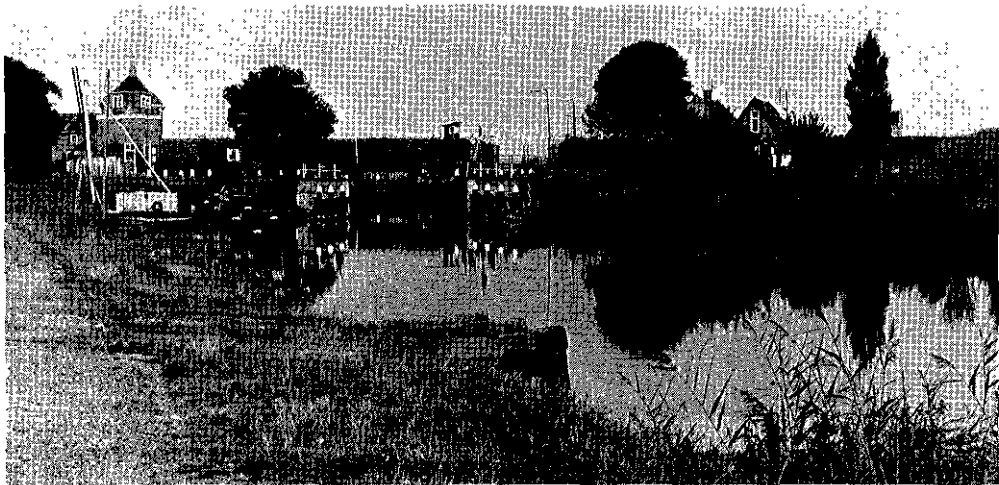


Zoommeer verlangen zo gering mogelijk peilwisselingen. Grote en frequent optredende peilfluctuaties kunnen leiden tot kale oeverzones.

Om nu te komen tot een inzicht in een voor alle belangen aanvaardbaar peilsysteem, zijn drie alternatieven geanalyseerd. Als eerste een peil met seizoenvariaties, waarbij de overgang plaatsvindt in najaar en voorjaar. Het verschil tussen zomer- en winterpeil bedraagt 0,50 m. Bij dit alternatief zijn twee varianten mogelijk: een laag zomerpeil en een hoog winterpeil, of juist omgekeerd, een hoog zomerpeil en een laag winterpeil. Het tweede alternatief is een vast peil, en ten derde een variabel peil met een boven- en ondergrens; onder invloed van het inlaat- en uitlaatbeheer zouden daarbij peilvariaties van een halve tot een hele meter kunnen optreden.

Uit de analyse bleek een variabel peil voor de waterhuishouding en de inrichting, maar vooral voor het milieu ongunstig te zijn. Door de grote, onvoorspelbare peilfluctuaties zullen zich geen stabiele oever- en aquatische ecosystemen kunnen ontwikkelen. Langs de oevers kunnen als gevolg hiervan kale, erosiegevoelige zones verwacht worden, die tot een visueel minder aantrekkelijk landschap leiden.

Van het alternatief peil met seizoenvariaties biedt de variant 'hoog zomerpeil/laag winterpeil' voor de waterhuishouding aantrekkelijke voordelen. Zo is het waterbergend vermogen bij deze variant groot in de periode dat ook het waterbezwaar een aanzienlijke omvang heeft. Voorts is de watervoorziening van het omringende gebied in de zomerperiode eenvoudig. Vanwege het periodiek afsterven van een gedeelte van de oeverflora en -fauna wordt de kans



op ontwikkeling van een stabiele oeverlevensgemeenschap echter klein. Daarnaast bestaat de kans dat door het opzetten van het peil in het voorjaar broedgebieden worden overspoeld. De variant 'hoog winterpeil/laag zomerpeil' biedt goede perspectieven voor de ontwikkeling van de levensgemeenschap op de oevers en in het water: er kan een visueel aantrekkelijk landschap ontstaan. Wel zal de bij het hogere winterpeil behorende oeververdediging in de zomermaanden baders en zwemmers hinderen. Uit waterhuishoudkundig oogpunt moet een hoog winterpeil negatief beoordeeld worden, omdat het *waterbergend vermogen verminderd* wordt in de periode dat de zijdelingse aanvoer door polderwaterlozingen en de Brabantse rivieren juist het grootst is.

Als gevolg van het lage zomerpeil zal de watervoorziening van het omliggend gebied 's zomers worden bemoeilijkt, juist wanneer *daar behoefte aan water is*.

Het alternatief vast peil is uit een oogpunt van waterhuishouding zeer goed aanvaardbaar, mits het peil omstreeks N.A.P. ligt. Dit in verband met de natuurlijke lozing van de Brabantse rivieren. In dat geval is zowel de afwatering als

de watervoorziening van het omringende gebied veilig gesteld. Ook voor de inrichting van de oevers voor de recreatie biedt een vast peil goede mogelijkheden.

Millieukundig is dit alternatief in principe minder aantrekkelijk omdat het een minder natuurlijke situatie is. Toch zijn er goede mogelijkheden voor de ontwikkeling van stabiele oever- en aquatische levensgemeenschappen.

Daarvoor is het wel noodzakelijk dat de peilvariaties als gevolg van het beheer beperkt in omvang blijven en van korte duur.

Op grond van de analyse blijkt een vast streefpeil voor het Zoommeer dus de voorkeur te hebben.

Vervolgens is onderzocht of er bij een vast peil alternatieven zijn voor het peil van N.A.P. Daarbij is bezien wat de effecten zijn op de diverse belangen.

Het blijkt in elk geval dat het streefpeil moet liggen tussen N.A.P. -0,25 m en N.A.P. +0,25 m.

Een peilsysteem met een zomer- en winterpeil zal ook binnen deze waterstanden moet liggen. Het definitieve streefpeil en het peilsysteem zullen nader vastgesteld moeten worden aan de hand van verdere studie en/of praktijkervaring.

Samenvattingen

De probabilistische benadering van het ontwerp van de Stormvloedkering IV. Constructieve aspecten

Bij industriële producten, zoals t.v.-toestellen, kan men op experimentele wijze vaststellen hoe lang de levensduur van het artikel is, en waar het aan kapot gaat.

De stormvloedkering in de Oosterschelde wordt maar in één exemplaar gebouwd; hier moet dus uit modellen en berekeningen vooraf blijken, welke bezwijkkans de kering heeft, en hoeveel veiligheid de constructie in feite aan de inwoners van Zeeland biedt.

Het Project Stormvloedkering Oosterschelde; organisatie en werkwijze

Om de voorbereidingen tot de bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde op effectieve wijze te organiseren, is een project-organisatie opgezet, met als centraal coördinerend orgaan de Projectgroep Oosterschelde (PGO). Op een iets lager niveau wordt het gehele project nader georganiseerd in 35 deelprojecten, die verder worden opgesplitst in 'activiteiten'. Van de stafgroepen, die coördinerende en ondersteunende taken vervullen, worden met name de groepen Planning en Kostprijs besproken. Bij de uitvoering van het werk zullen de verantwoordelijkheden niet berusten bij de project-organisatie, maar bij de betrokken directies van de Rijkswaterstaat: de Deltadienst, de directie Sluizen en Stuwten en de directie Bruggen.

Stand van zaken met betrekking tot het ontwerp van de stormvloedkering

Uit recent onderzoek is gebleken dat de belas-

tingen loodrecht op de stormvloedkering op 20% minder kunnen worden geschat dan voorheen werd aangenomen.

Ook op andere punten van het ontwerp vinden nog steeds aanpassingen plaats aan de veranderende inzichten.

De dikte van de pijlers wordt wat groter, maar zowel de hoogte als de lengte kunnen worden verkleind. De dorpelbalk, die vroeger rechthoekig werd getekend, krijgt de vorm van een trapezium.

In het totale ontwerp wordt zoveel reserve-doorstroomprofiel opgenomen, dat het gewenste getijverschil van 2,70 m bij Yerseke, zeker bereikt kan worden.

Interactie van de pijlers van de stormvloedkering met de drempel en de ondergrond

De pijlers van de stormvloedkering moeten de golf- en verval krachten die op de kering worden uitgeoefend, afvoeren naar de ondergrond. Gedeeltelijk geschiedt dat langs de voetplaat, gedeeltelijk langs de pijlerwanden.

Om de afmetingen van deze onderdelen te kunnen berekenen, is het nodig te weten hoe de krachten verdeeld zijn. Aangaande de wrijvingsweerstand tussen voetplaat en funderingsbed zijn in Schelphoek proeven gedaan op grote schaal. Ook werd nader onderzoek ingesteld naar de grootte van de dwarsbelastingen op de pijlers.

De verplaatsingen van de onderbalk bleken uiterst gering te zijn. Wel zal aan de Oosterscheldekant een extra zware bestorting moeten worden aangebracht, in verband met de grote waterstandsverschillen die bij gesloten kering mogelijk zijn tussen het buitenwater en het bekken.

Geoponton en duikerklok

Het plan om in de mond van de Oosterschelde een beweegbare stormvloedkering te bouwen, noodzaakte ertoe, het grondmechanisch onderzoek ter plaatse sterk te intensiveren, en uit te voeren tot veel grotere diepte dan voorheen. Daarom kon de bouw van nieuwe werktuigen niet uitblijven. In dit artikel worden er twee beschreven: de geoponton, een hulpschip voor het uitvoeren van sonderingen en boringen; en een 70 ton wegende duikerklok, die vanaf de geoponton te water wordt gelaten. De duikerklok, die tot 200 m waterdruk kan weerstaan, staat via een kogelscharnier alzijdig beweegbaar op een voetplaat, zodat hij altijd in loodrechte stand kan worden gevestigd. Vanuit de klok kunnen sonderingen en boringen worden verricht. Ook zitten er ramen in voor visuele observatie.

De verankering van werkschepen in de Oosterscheldemon

Bij de bouw van de stormvloedkering in de Oosterscheldemon zal vooral worden gewerkt vanaf schepen. Die mogen echter niet op conventionele wijze ankeren, omdat ze daarbij de bodembescherming zouden beschadigen. Daarom is een patroon van vaste ankerpalen in het werkgebied uitgezet, waaraan de werkschepen kunnen vastmaken. Op elke paal wordt een gietijzeren kop aangebracht.

De palen worden met kop en al in de grond gebracht.

Waterhuishoudkundige relaties in het Delta-gebied

De Zeeuwse wateren onderhouden hetzij door open verbindingen, hetzij via sluisen, allerlei verbindingen met elkaar. De regimes zullen, vooral waar het het chloridegehalte, het nutriëntenniveau en het waterpeil betreft, op elkaar afgestemd moeten worden, dan wel door kunstwerken streng van elkaar geïsoleerd. Nu de Oosterschelde open blijft en zijn zout getijderegime behoudt, moeten de waterhuishoudkundige relaties opnieuw worden overwogen. In het artikel wordt een inventarisatie gemaakt van de externe invloeden die op het regime van de Oosterschelde inwerken.

Om zeker te zijn dat het gewenste gehalte aan zout in de halfafgesloten Oosterschelde ook inderdaad wordt bereikt, dient men inzicht te hebben in de omvang van allerlei invloeden en de mechanismen die hier bij te pas komen. Er wordt het een en ander meegedeeld omtrent de onderzoekingen die hiernaar gaande zijn. Het lijkt waarschijnlijk dat de stormvloedkering later ook dienstig kan worden gemaakt aan de bewaking van het chloridegehalte.

Het waterpeil op het Zoommeer

Het waterpeil op het zoete Zoommeer, achter de Philipsdam en de Oosterdam, kan vast worden, schommelend, of wisselend met de seizoenen. Om te kunnen vaststellen wat de voorkeur verdient, is onderzocht wat het meest overeenkomt met de belangen van waterhuishouding, scheepvaart, recreatie, energievoorziening en landbouw.

In het algemeen bleek een vast streefpeil van omstreeks N.A.P. voor de meeste belangen het gunstigst. Daartoe zal dan ook worden geadviseerd.

Summaries

A probabilistic approach of the design of the storm-surge barrier, IV Civil engineering aspects

When manufacturing industrial products such as, for example, a television set, its life, its break-down point and what causes this break-down point can be empirically established. Contrary to the mass-production of consumer goods the storm-surge barrier in the Oosterschelde will only be constructed once; from models and calculations we have to determine beforehand the ultimate bearing capacity of the structure as well as the intrinsic safety it offers to the people of Zeeland.

The Project 'storm-surge barrier across the mouth of the Oosterschelde'; organization and working method

To effectively organize the preparations for the construction of the storm-surge barrier, a project organization has been set up. Its central coordinating organ is named the Project Organization Group. (P.G.O.) At a somewhat lower level the whole project has been divided in 35 part-projects and which are further subdivided into so-called 'activities'. Of all the staff groups which will have both coordinating and supporting functions only the groups Planning and Cost-estimate are discussed.

The responsibilities during the execution of the works will not lie with the project organization but with the departments concerned of Rijks-waterstaat, i.e. the Delta Service, the Department Sluices and Barriers and the Department for Bridges.

The design of the storm-surge barrier; its evolution to date

From recent investigations we learned that the perpendicular loadings on the storm-surge barrier are estimated to be 20% less than previously assumed. In other elements of the design, adjustments are still being carried out to meet the changing insights. The diameter of the piers will be increased but the height can be decreased. The sill beam which formerly was designed as a rectangle will now have the shape of a trapezium.

In the final design enough spare room is added to the wet cross-section so that the desired tidal range of 2.70 meter at Yerseke can certainly be achieved.

Inter-action of the piers of the storm-surge barrier with the sill and the sub-soil

The piers of the storm-surge barrier will have to transmit the forces of the wave action and the tidal range which are exerted on the barrier, to the sub-soil. This partly occurs along the base and partly along the walls of the pier. To be able to calculate the dimensions of these complements it is necessary to know how these forces are distributed. Regarding the friction resistance between the base and the foundation bed large scale tests have been made in Schelphoek.

At the same time the amplitude of the lateral load on the piers was examined. Only a slight dislocation of the lower sill beam was observed. In view of the great differences in water level which may occur between the outer water and the estuarine water when the barrier is closed, additional heavy blocks of stone will have to be dumped at the Oosterschelde side.

Geo-pontoon and diving-bell

The plan to construct a movable barrier across the mouth of the Oosterschelde made it necessary to intensify the soil mechanical research *in situ* and to execute this research at a much greater depth than before. Consequently additional new equipment was needed. In this paper two pieces are discussed namely the geo-pontoon, an auxiliary vessel for the execution of soundings and drillings; and a diving-bell – weighing 70 ton – which can be lowered into the water from the geo-pontoon. The diving-bell which can withstand a water pressure of 200 meter is mounted on a footing and can move in any direction by means of a ball bearing. It can be jacked into a straight upright position even on an inclining bottom.

From within the bell soundings and drillings can be made. Windows permit visual observation.

Positioning service vessels across the mouth of the Oosterschelde

During the construction of the storm-surge barrier the works on or under the water will mostly be done with the aid of vessels. They are not permitted, however, to anchor in the conventional way as this may damage the bottom protection. Therefore a pattern of fixed mooring-masts has been set out where vessels can anchor in the work-area. Every mooring-mast has a cast iron top.

The masts, complete with the cast iron tops, are driven into the sea-bed.

Water managerial aspects in the Delta area

The Zeeland waterways are interconnected either via open water or via locks. The various systems, especially as far as the salinity, nutrients level and water level are concerned, have either to be fully attuned to one and another or to be strictly isolated by hydraulic engineering structures. As the Oosterschelde remains in open communication with the sea and thus will retain its salt tidal system, the water managerial aspects will all have to be reviewed. *In this paper an inventory is made of the external influences which can affect the system of the Oosterschelde.*

To ascertain that the desired degree of salinity will indeed be achieved in the partially closed Oosterschelde an insight should be gained into the extent of the various influences and their mechanisms. In this paper various methods of research into the matter are discussed. An assumption has been made that, at a later date, the storm surge barrier can also be used to control the salinity of the water.

The water level on the Zoommeer

The water level on the fresh water Zoommeer, behind the Philipsdam and the Oesterdam, could, if so desired, remain at a fixed level, fluctuate or change with the seasons. Investigations are made to establish which situation corresponds best with the interests of water management, navigation, recreation, agriculture and energy supply. In general a fixed target level around N.A.P. would be most favourable for all parties concerned. Advice will be given accordingly.

Vorderingen

1 juli – 1 oktober 1978

A. De werken van het Deltaplan

Philipsdam

Op 23 mei werd het maken van een damaanzet langs de Grevelingendam en het aanbrengen van een bodem- en oeververdediging ten behoeve van de Philipsdam aanbesteed. De laagste inschrijving was van de aannemerscombinatie 'Philipsdam' te Werkendam, bestaande uit de volgende aannemersbedrijven: Zinckon, maatschappij tot uitvoering van moderne zinkconstructies B.V. te Werkendam, Baggermaatschappij 'Holland' B.V. te Hardinxveld-Giessendam, Aannemerscombinatie Zinkwerken B.V. te Gorinchem en Wegenbouwmaatschappij J. Heijmans B.V. te Rosmalen. Inmiddels is met deze aannemerscombinatie een overeenkomst gesloten tot uitvoering van het bestek.

Op 7 juli werd begonnen met het aanbrengen van een grindbestorting op de rand van de Krammerplaat. Voor het maken van de zinkstukken werd een zinkstukkenfabriek opgebouwd. Na enige aanloopmoeilijkheden komt de productie nu op gang. De zinkstukken worden gelegd met behulp van de zinkponton 'Moby Dick', de achterbak 'Krederfeld' en de steenstortor 'Zuiderzee'. Tot nog toe gaat dit werk niet zoals verwacht mocht worden. De overige werkzaamheden, zoals het opnemen van de bestaande glooiingen en het aanbrengen van mijnsteenperskaden, vorderen goed. Er is begonnen met

het winnen van zand dat verwerkt wordt in terreinophogingen.

In de eerste helft van juli is op het rijkdek van de hulpbrug tussen het werkeiland en de vaste wal een slijtlaag van asfaltbeton aangebracht. Het gehele werk werd opgeleverd en goedgekeurd op 12 augustus.

Oosterschelde

In de stroomgeul Hammen werd verder gegaan met uitbreiding van de reeds bestaande bodembescherming. In deze periode werd totaal 210 000 m² blokkenmat gelegd en 30 000 ton staalslakken gestort. Hier en daar werd in de Hammen een steenbestorting aangebracht om het onderwaterbeloop uit te vullen tot een flauwere helling. Pas daarna kan op die plekken de bodembescherming worden aangebracht.

Ter plaatse van de vijf pijlers van de hulpbrug werd alsnog een steenbestorting aangebracht.

In de stroomgeulen werd verder gegaan met het opruimen van bodembescherming op plekken waar pijlers moeten worden geplaatst. Daar waar de bodembescherming was opgeruimd, werd in de Roompot over de bodem een stalen net gesleept, om te proberen zo achtergebleven restanten te verwijderen.

Na het sluiten van de ringdijk van de hulpput 'Schaar' is een open bemaling in de put aangebracht en is de bouwput leeggemaakt. De drooggevalen belopen en zandoppervlakten worden voor zover mogelijk met stro ingeëgd om zandverstuivingen te beperken. Er is een begin gemaakt met het ontgraven van de sliblaag. Het slib wordt in een depot gereden ten noorden van de

energiecentrale. Ook is een begin gemaakt met de aanleg van de werkwegen. Na het verwijderen van een gedeelte van het slib is ook het droge grondwerk op gang gekomen.

De cutterzuiger 'Eendracht' is gereed gekomen met het op diepte brengen van de haveningang en de havenkom van de buitenhaven 'Neeltje Jans'. De diepte is nu N.A.P. - 8 m. Momenteel is men volop bezig met het aanbrengen van dijkbekledingen. Het gehele buitentalud van de lange havendam, ook de kop, is verdedigd met achtereenvolgens kraagstukken tot N.A.P., gepenetreerde stortsteen tot N.A.P. + 4 m en asfaltbeton tot respectievelijk N.A.P. + 9 m en N.A.P. + 8 m. De kop van de korte havendam is bezonken en er is een penetratieglooiing aangebracht. In de haven zelf is teenschot geplaatst en worden van N.A.P. tot N.A.P. - 4 m kraagstukken gezonken. Aansluitend hierop wordt tot N.A.P. + 4 m een verdediging aangebracht van een laag open steenasfalt op een laag zand-asfalt.

Het accent ligt nu op het completeren van de verdediging van de kop van de korte havendam en op het aanbrengen van asfaltbetonbekleding aan de binnenzijde van de lange havendam tussen het landhoofd van de op de buitenhaven aansluitende hulpbrug en het werkeiland.

Bodembescherming

In de afgelopen periode is het aanbrengen van steenasfaltmatten in het kader van de dijkversterkingen gereed gekomen.

In totaal is 143 500 m² aangebracht aan de Nieuw Noord-Bevelandpolder, de Scherpenissepolder en de Brede Water-

ring ter hoogte van Wemeldinge.

Bestorungen voor de talud-bekledingen zijn uitgevoerd aan de polder Brede Watering ter hoogte van het Goese Sas en in het Zijpe aan de Duivelandse Oever.

Foto verantwoording

Ben Seelt 330
Jan van de Kam
340 356 362 367 370 378 379
Grondmechanica Delft 351
Aero Carto 363
Aero Photo 384

Werkeiland en bouwput voor
de sluizen in de Philipsdam

